



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Enginyeria Electrònica

Contribució a l'adaptació a l'EEES d'assignatures de tecnologia electrònica: un mètode sistemàtic

Tesi doctoral presentada per a
l'obtenció del títol de Doctor per la
Universitat Politècnica de Catalunya,
dins el Programa de Doctorat en
Enginyeria Electrònica

Francesc Josep Robert i Sanxis

Directors: **Prof. Dr. Miguel Valero García**
Prof. Dr. Pere Joan Riu Costa

Desembre 2015

A la Maria, l'Helena i l'Albert

Agraïments

Als estudiants i professors de l'EETAC, que durant tants cursos han permès dur a terme experiències de millora de la qualitat docent. En aquesta escola i amb la seva ajuda he adquirit coneixements i habilitats que m'han fet créixer professionalment i com a persona.



Als directors de tesi, els professors Miguel Valero i Pere J. Riu, per les seves predisposició i voluntat de dur a terme un estudi d'aquestes característiques, per les seves aportacions en la discussió de les idees, l'orientació del contingut i per l'extraordinària paciència que han mostrat amb les meves constants interrupcions durant el treball de recerca.

Als professors i professores col·laboradors del projecte RIMA de l'ICE de la UPC, amb els quals durant tants anys he compartit experiències i inquietuds per assolir una docència més efectiva.

Als companys de l'Àrea Tècnica del Campus del Baix Llobregat, per la seva disposició a facilitar la instal·lació i el manteniment de les eines de maquinari i programari que donen suport a les experiències presentades en aquest treball.

Al filòleg català Josep Maria Teixell, que ha realitzat la correcció ortogràfica i gramatical última amb la qual el text és molt més entenedor.

Finalment, haig d'agrair a la meua família la paciència, els ànims i el suport incondicional que he rebut per part seva durant el llarg període d'elaboració d'aquesta tesi.

"L'étudiant n'étudia plus. Il allait aux cours pour y répondre à l'appel, et quand il avait attesté sa présence, il décampait. Il s'était fait le raisonnement que se font la plus part des étudiants. Il réservait ses études pour le moment où il s'agirait de passer ses examens ; il avait résolu d'entasser ses inscriptions de seconde et de troisième année, puis d'apprendre le Droit sérieusement et d'un seul coup au dernier moment. Il avait ainsi quinze mois de loisirs pour naviguer sur l'océan de Paris, pour s'y livrer à la traite des femmes, ou y pêcher la fortune."

Honoré de Balzac, Le Père Goriot, 1834, Le livre de Poche, édition de Stéphane Vachon, pàg. 142.

"Hi ha una important lliçó per aprendre dels rius de tinta vessats per les disputes pedagògiques del segle XX: no importa com de suau o d'aspre és un mètode, sinó fins on arriba el compromís de cada mestre."

Gregorio Luri, Mètodes seus, ARA, 21 de març de 2011

"Es ist nicht genug, zu wissen, man muß auch anwenden; es ist nicht genug, zu wollen, man muß auch tun"

Johann W. von Goethe

"What the Best College Students Do":

People learn best and most deeply when they try to answer questions or solve problems they find interesting, intriguing, important, or beautiful.

They can try to answer the question or solve the problems then receive feedback and try again before anyone "grades" them on their efforts.

They can work collaboratively with other learners struggling with the same problems.

They have lots of opportunities to speculate about possible answers or solutions even before they know much about the subject, and to receive feedback on those speculations.

They face repeated challenges to their existing fundamental paradigms.

They can get support (emotional, physical, and intellectual) when they need it.

They care that their existing paradigms do not work.

They believe that they are in control of their own learning, not manipulated.

They believe that their work will be considered fairly and honestly.

They believe that their work will matter, that it will have significant consequences for themselves and/or their world.

They believe that intelligence and abilities are expandable, that if they work hard, they will get better at it.

They believe other people have faith in their ability to learn.

They believe that they can learn.

They have an opportunity to "do the discipline" before they fully "know the discipline" (in other words, they have an opportunity to learn by doing and receiving feedback on their efforts).

And they have an opportunity to learn inductively moving from specific example and experience to general principles, rather than from the general to the specific.

Bain, K., "What the Best College Students Do", Harvard University Press, 2012

Acrònims

EEES, EHEA	Espai Europeu d'Educació Superior. <i>European Higher Education Area</i>
ECTS	Sistema europeu de transferència de crèdits universitaris, <i>European Credit Transfer and Accumulation System</i>
ICE-UPC	Institut de Ciències de l'Educació
CSD, ISECI	Assignatures de Circuits i Sistemes Digitals, Instrumentació i Sistemes Electrònics per Ciutats Intel·ligents
ED, SED, SDR	Assignatures d'Electrònica Digital, Sistemes Electrònics Digitals, Sistemes Digitals Reconfigurables
LG1, LG2	Assignatures de Lideratge de grups I, II
CiC, LE, SE	Assignatures de Components i Circuits, Laboratori d'Electrònica, Sistemes Electrònics
AC, CL	Aprenentatge cooperatiu, <i>cooperative learning</i>
ABP, PBL	Aprenentatge basat en problemes/projectes, <i>Problem/project based learning</i>
EUPBL, EPSC, EETAC	Escola Universitària Politècnica del Baix Llobregat, Escola Politècnica Superior de Castelldefels, Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels
SEEQ	<i>Students' Evaluation of Educational Quality</i>
AICLE, CLIL, CBI ,EMI,	Aprenentatge Integrat de Continguts i Llengua Estrangera, <i>Content and Language Integrated Learning, Content-Based Instruction, English as a Medium of Instruction</i>
EDA, CAD	<i>Electronic Design Automation, Computer-Aided Design</i>
VHDL, PLD, FPGA	<i>Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language, Programmable Logic Device, Field Programmable Gate Array</i>
FSM	Màquina d'estats finits, <i>Finite State Machine</i>
PSoC	<i>Programmable System on Chip</i> (Cypress Semiconductor)
ZDP	Zona de desenvolupament proper

Índex de continguts

1	Introducció.....	23
1.1	<i>Què és i què proposa l'EEES a diferents nivells.....</i>	23
1.2	<i>El model docent de l'EEES. Per què canviar el model tradicional?</i>	26
1.2.1	El mètode tradicional.....	27
1.2.2	Teories d'aprenentatge i ensenyament.....	30
1.2.2.1	La base conductista de la programació curricular.....	31
1.2.2.2	Teories d'aprenentatge actiu	33
1.2.2.3	L'aprenentatge significatiu	35
1.2.2.4	Enfocament deductiu – inductiu de l'ensenyament i aprenentatge.....	37
1.2.2.5	Aprendre i avaluar competències genèriques.....	41
1.2.2.6	L'aprenentatge autònom	44
1.2.3	Docència a diferents nivells segons els professors	46
1.3	<i>L'oportunitat d'aquest treball i metodologia de la recerca.....</i>	48
1.4	<i>L'ensenyament de la tecnologia electrònica</i>	53
1.4.1	Hipòtesi de treball i objectius	57
2	Model d'instrucció sistemàtic	59
2.1	<i>Objectius d'aprenentatge.....</i>	64
2.1.1	Com escriure els objectius d'aprenentatge del curs?	66
2.1.2	Objectius d'aprenentatge genèrics.....	69
2.1.3	Una taxonomia simplificada d'objectius d'aprenentatge	70
2.2	<i>El temps d'estudi i la programació d'activitats en PBL.....</i>	75
2.2.1	El temps d'estudi	75
2.2.2	Els problemes.....	76
2.2.3	Aprenentatge basat en problemes (PBL)	79
2.3	<i>L'aprenentatge cooperatiu (AC)</i>	83
2.3.1	Les bases de l'AC.....	83
2.3.1.1	Avantatges de l'AC	85
2.3.1.2	Aprenentatge cooperatiu informal, formal i amb grups-base	87
2.3.2	La posada en marxa de l'AC.....	87
2.3.2.1	Els trets comuns de les nostres experiències.....	89
2.4	<i>Avaluació continuada de competències</i>	91
2.4.1	Avaluació de l'aprenentatge	93
2.4.1.1	Avaluació sumatòria i formativa	94
2.4.1.2	Control del temps d'estudi i seguiment de les activitats	96
2.4.1.3	Rúbriques per elaborar i corregir exercicis i criteris de qualitat	98

2.4.1.4	Avaluació entre companys i autoavaluació	100
2.4.1.5	El <i>feedback</i> immediat i la possibilitat de millora dels treballs	102
2.4.1.6	Els controls individuals de mínims	102
2.4.2	El dossier d'aprenentatge de l'estudiantat (portafolis)	104
2.4.2.1	Tipus de portafolis.....	107
2.4.2.2	Portafolis electrònic	112
2.5	<i>Millora continuada de la planificació docent</i>	116
2.5.1	Recollida de dades	118
2.5.1.1	Dades de rendiment acadèmic.....	118
2.5.1.2	Dades de temps d'estudi.....	118
2.5.1.3	Enquestes d'opinió.....	118
2.5.2	L'informe de millora continuada	120
2.6	<i>Decàleg per implementar el model sistemàtic</i>	120
3	Aplicació del model sistemàtic a les assignatures de l'àrea de tecnologia electrònica.....	123
3.1	<i>L'experiència pilot a l'assignatura Electrònica Digital (ED)</i>	126
3.1.1	Redacció d'objectius d'aprenentatge	126
3.1.2	Activitats per assolir els objectius: PBL.....	129
3.1.2.1	Problemes per desenvolupar competències i aprendre continguts	129
3.1.2.2	Exemple de criteris de qualitat per a la realització i correcció de problemes.....	133
3.1.2.3	El projecte d'aplicació	136
3.1.3	Metodologia activa: L'aprenentatge cooperatiu	141
3.1.3.1	El format de les sessions de treball	141
3.1.3.2	Pla de treball setmanal.....	146
3.1.3.3	Preparació de nous materials docents. Mapes conceptuals	149
3.1.3.4	Exemple d'un puzzle per aprendre continguts específics en grup cooperatiu	159
3.1.4	Avaluació formativa	165
3.1.4.1	Esquema d'avaluació sense exàmens tradicionals.....	165
3.1.4.2	Exàmens de coneixements mínims	165
3.1.4.3	Proposta de portafolis.....	166
3.1.5	Avaluació del procés docent	171
3.2	<i>La pàgina web de l'assignatura i la comunicació amb els estudiants</i>	172
3.3	<i>Com arrencar la metodologia docent en una assignatura amb diversos grups i professors...</i>	176
3.4	<i>Experiències realitzades en altres assignatures de l'àrea</i>	179
3.4.1	Assignatura CiC de primer curs.....	179
3.4.1.1	Redacció d'objectius a partir del temari convencional	181
3.4.1.2	Exercicis i projecte d'aplicació.....	183
3.4.2	Assignatura SED de segon curs	188
3.4.2.1	Exercicis PBL encadenats.....	190
3.4.2.2	Avaluació dels problemes amb rúbriques	191
3.4.2.3	Portafolis amb processador de textos.....	194
3.4.3	Assignatura CSD de segon curs de grau	196
3.4.3.1	El portafolis electrònic de CSD	197
3.4.3.2	Elaboració de materials i ús d'eines EDA de diferents fabricants	200
3.4.3.3	Avaluar sense exàmens de coneixements mínims i optatives	204
3.4.4	Assignatures de competències genèriques i tutoria d'estudiants	205
4	Resultats d'experiències	209
4.1	<i>Anàlisi del rendiment acadèmic dels estudiants</i>	209
4.1.1	Comparativa de rendiments acadèmics del 2A pla vell	209
4.1.2	Rendiment a les primeres experiències de treball cooperatiu d'ED.....	212
4.1.3	Rendiment acadèmic dels estudiants a SED	221

4.1.4	Rendiment acadèmic dels estudiants a CiC	223
4.1.5	Rendiment acadèmic dels estudiants a CSD	226
4.2	<i>Anàlisi de seguiment del temps d'estudi</i>	228
4.2.1	Primera experiència d'ED.....	228
4.2.1.1	Gràfica d'acumulació de temps d'estudi	232
4.2.1.2	<i>Feedback</i> formatiu a partir del temps d'estudi	233
4.2.1.3	<i>Feedback</i> per als grups cooperatius que no funcionen	236
4.2.2	Del seguiment per setmanes al seguiment per problemes	239
4.2.3	Seguiment del temps d'estudi amb el portafolis electrònic	240
4.3	<i>L'autoavaluació d'exercicis</i>	242
4.3.1	Experiència realitzada a CiC	242
4.3.2	Experiència d'autoavaluació del portafolis d'ED	245
4.3.3	Autoavaluació en els exercicis de CSD	247
4.4	<i>L'opinió dels estudiants sobre les assignatures</i>	248
4.4.1	Instruments per a l'obtenció de dades dels estudiants	249
4.4.1.1	El qüestionari de tipus SEEQ	249
4.4.1.2	Les enquestes tradicionals de la UPC i les seves limitacions	252
4.4.1.3	L'enquesta de l'EETAC a mitjan quadrimestre	253
4.4.1.4	L'enquesta sobre l'ús de l'anglès.....	253
4.4.1.5	La nova enquesta de la UPC adaptada a l'EEES.....	254
4.4.2	Valoració de l'assignatura ED.....	256
4.4.2.1	Preguntes obertes de l'enquesta	263
4.4.3	Valoracions d'altres matèries	266
4.4.3.1	Enquestes d'SED	266
4.4.3.2	Enquestes de CiC	272
4.4.3.3	Enquestes de CSD	273
4.4.4	El cicle de millora continuada a partir de dades recollides.....	276
4.5	<i>Aprendre continguts a través de l'anglès</i>	278
4.5.1	Context, definicions i estratègia	278
4.5.1.1	Context	278
4.5.1.2	Definicions.....	279
4.5.1.3	Estratègia.....	281
4.5.2	Primeres experiències a l'assignatura ED	282
4.5.2.1	Exemples de materials d'ED i SED usant l'anglès	283
4.5.2.2	Resultats.....	285
4.5.3	Aprenentatge de l'anglès a CSD	291
4.6	<i>Estimació de la càrrega docent per al professor</i>	296
4.6.1	Experiència d'ED	296
4.6.2	Altres experiències.....	299
5	Conclusions	303
6	Referències	313

Índex de taules

Taula 1. Llista de competències genèriques comuns a tots els graus de la UPC.	25
Taula 2. Les cinc orientacions per a l'aprenentatge segons [23].	31
Taula 3. Exemples d'assoliments entre el contínuum d'aprenentatge superficial i significatiu i del contínuum d'ensenyament receptiu i per descobriment.	37
Taula 4. Característiques de les metodologies d'aprenentatge inductiu més comunes [29].	39
Taula 5. Dimensions d'una competència formativa i modalitats de concreció.	43
Taula 6. Classificació de les competències genèriques a partir del projecte <i>Tuning</i> [34].	44
Taula 7. Els 4 models en què és possible definir la visió de la docència segons Biggs [11]. Veiem que el quart nivell descrit a la taula correspondria a les definicions anteriors d'aprenentatge autònom.	46
Taula 8. Els primers tres quadrimestres del pla d'estudis d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, Telemàtica. Publicat al BOE de 4 d'octubre de 2000.	54
Taula 9. Els primers quadrimestres del pla d'estudis de graduat en telecomunicació. 1A, 1B, 2A, i 2B: comuns a Telemàtica i Sistemes de Telecomunicació; 3A: sols en sistemes de telecomunicació. Publicat al BOE de 20 de febrer de 2009.	55
Taula 10. Llistes de competències genèriques del grau de la UPC i de l'EETAC per als ensenyaments d'Enginyeria de Telecomunicació.	69
Taula 11. Comparació entre la taxonomia de Bloom i els tipus d'aprenentatge de Gagné [58].	71
Taula 12. Ensenyament centrat en el professor i centrat en l'estudiant.	75
Taula 13. Característiques de tres situacions d'aprenentatge que podem programar durant el curs.	86
Taula 14. Rúbrica elaborada a l'EETAC que especifica els tres nivells de qualitat en què s'assoleixen els criteris que descriuen l'habilitat del treball en grup.	91
Taula 15. Quadre de característiques de l'avaluació sumatòria i formativa.	95
Taula 16. Format bàsic d'una rúbrica de correcció.	98
Taula 17. Categories de portafolis electrònics segons Barrett [112] i eines per muntar-lo segons qui sigui el propietari final del producte.	114
Taula 18. Contingut de les primeres enquestes de l'estudiantat sobre la docència.	119
Taula 19. Proposta de decàleg de conceptes perquè qualsevol professor posi en marxa un pla docent innovador centrat en el model de docència del tercer nivell: Què fan els estudiants? (vegeu la Taula 7). S'inclouen indicacions del camí que hem seguit en les nostres experiències basades en el model sistemàtic proposat en aquesta tesi (Fig. 18).	122

Taula 20. Assignatures i quadrimestres en què s'han desenvolupat les experiències d'innovació que han estat la base d'aquest treball.....	124
Taula 21. Experiències remarcables d'innovació docent dutes a terme a l'assignatura ED.....	126
Taula 22. Relació d'objectius d'aprenentatge proposats per l'assignatura ED.....	129
Taula 23. Exemple de criteris que qualitat per a l'elaboració i correcció de problemes: a quin nivell desitgem que treballin els estudiants.....	135
Taula 24. Exemple de rúbrica per realitzar una avaluació de les presentacions orals dels projectes d'aplicació.....	141
Taula 25. Contingut tradicional d'ED basat en circuits combinacionals i sistemes seqüencials.....	153
Taula 26. Llista d'unitats didàctiques d'ED.....	154
Taula 27. Llistat de coneixements mínims que han d'haver assolit els estudiants d'ED en finalitzar l'assignatura.....	166
Taula 28. Exemple de rúbrica per a l'(auto)avaluació d'un portafolis d'ED.....	170
Taula 29. Exemple d'informe d'avaluació del procés docent (curs 05-06 QT).....	172
Taula 30. Experiències docents més destacables dutes a terme en diverses assignatures diferents d'ED.....	179
Taula 31. Temari de l'assignatura CiC.....	182
Taula 32. Els objectius d'aprenentatge proposats per al grup pilot de CiC.....	183
Taula 33. Criteris i rúbrica per a la correcció d'un treball escrit de SED.....	192
Taula 34. Instruccions per donar forma al portafolis electrònic de SED amb la rúbrica proposada per corregir-lo.....	195
Taula 35. Exemple d'índex de portafolis estructurat a partir de les competències genèriques proposat a la primera versió de l'assignatura encara amb el nom provisional d'Electrònica I.....	198
Taula 36. Exemple d'agenda amb la planificació de les tasques, la correcció immediata i la possibilitat de millora.....	199
Taula 37. Rúbrica per corregir la carpeta de competències de l'estudiant de l'EETAC.....	207
Taula 38. Nombre d'estudiants matriculats a SED en cursos en què es van realitzar experiències d'AC-PBL.....	221
Taula 39. a) Codificació de l'activitat i nivell d'aprofitament del treball realitzat per un grup cooperatiu. b) Quadres de recollida d'informació sobre la descripció de les activitats realitzades en les sessions de treball cooperatiu fora de l'horari lectiu (TGC) i còmput del temps total setmanal de dedicació a l'assignatura.....	228
Taula 40. Exemple de pla de treball setmanal preparat per un grup cooperatiu d'ED del curs 03-04-QT.....	230
Taula 41. Qüestionaris d'exemple de com ha de funcionar un grup cooperatiu.....	237
Taula 42. Exemple de qüestions específiques destinades a un grup concret en un moment concret del curs.....	238
Taula 43. Extracte d'un missatge a tot el grup de CSD carregat al bloc agenda de l'assignatura.....	239
Taula 44. Quadre on s'anota el temps d'estudi dedicat al problema.....	239
Taula 45. Full de càlcul per introduir dades del temps d'estudi.....	241
Taula 46. Criteris per a l'autoavaluació de l'EX3 de CiC (curs 08-09-Q1).....	242
Taula 47. Rúbrica de criteris de correcció de l'EX3 de CiC.....	244

Taula 48. Resultats obtinguts en l'exercici d'autoavaluació de l'EX3 de CiC.	245
Taula 49. Full d'autoavaluació del portafolis d'ED anotat per un grup de treball.	246
Taula 50. Rúbrica d'avaluació proposada per a l'exercici EX2 de CSD.....	247
Taula 51. Fases de disseny d'una enquesta.	249
Taula 52. Qüestionari de tipus SEEQ adaptat a les nostres circumstàncies que s'ha usat a l'assignatura ED de forma continuada.	252
Taula 53. Preguntes de la primera enquesta oficial de la Universitat.	253
Taula 54. Exemple de full de qüestionari passat a mig quadrimestre de l'EETAC.	253
Taula 55. Qüestionari sobre l'ús de anglès a l'EETAC.	254
Taula 56. La nova enquesta de la UPC pel que fa a la valoració del professor.	255
Taula 57. La nova enquesta de la UPC pel que fa a la valoració de l'assignatura.	256
Taula 58. Qüestionari d'incidències crítiques (QUIC) obtingut en acabar la primera edició del curs de SED adaptat (classe 2AT4, curs 05-06 Q1).	271
Taula 59. Comentaris dels professors als alumnes atenent els resultats del QUIC.	271
Taula 60. Comentaris dels professors per als estudiants en processar les respostes d'un QUIC a l'assignatura CSD.	275
Taula 61. Nivells de desplegament de la competència tercera llengua a l'EETAC.....	281
Taula 62. Definició de graus d'assoliment de la competència en anglès.....	282
Taula 63. Comentaris oberts tant positius com negatius dels estudiants 08-09 QP.	287
Taula 64. Comentaris oberts tant positius com negatius facilitats dels estudiants (09-10 -QT). Cada fila representa els comentaris positius i negatius d'un estudiant.	289
Taula 65. Descripció general de la guia docent de CSD on se'n deriven la impartició també en anglès.	291
Taula 66. Codificació de tasques docents típiques d'un professor.....	297

Índex d'il·lustracions

Fig. 1. Efectivitat de l'aprenentatge en una classe expositiva [8].	28
Fig. 2. Nivells de complexitat de les activitats intel·lectuals (Gagné [58]).	33
Fig. 3. Principis bàsics de la concepció constructivista de l'ensenyament i aprenentatge a partir de les fonts teòriques que li donen suport (Santacana [42]).	34
Fig. 4. Aprenentatge superficial i aprenentatge significatiu.	36
Fig. 5. Cicle d'aprenentatge per experiència proposat per Kolb [32] i estratègies per reforçar-ne els components [22].	40
Fig. 6. Grau d'implicació de l'alumne per diverses metodologies d'ensenyament [32]. Conjunt d'activitats i mètodes que podem fer servir per situar l'estudiant com actor.	42
Fig. 7. Com es pot desenvolupar l'autonomia en l'aprenentatge.	45
Fig. 8. Concepte d'alineament constructiu entre els objectius, les activitats i els sistemes d'avaluació.	47
Fig. 9. Teoria i pràctica reflexiva en la docència [11].	48
Fig. 10. El cicle d'aprenentatge-acció segons la referència [47].	48
Fig. 11. Objectius de la investigació-acció [50].	49
Fig. 12. El procés sense fi de la investigació-acció plantejat com una espiral de cicles.	50
Fig. 13. El plantejament d'investigació-acció proposat per l'OU per als professors [54].	53
Fig. 14. Marc general del model de Huitt (2003) del procés d'ensenyament-aprenentatge tal com el mostra Gagné [58].	60
Fig. 15. Model de disseny instruccional genèric ADDIE (<i>Analyse, Design, Develop, Implement, Evaluate</i>) [58].	61
Fig. 16. Model de disseny instruccional de Dick-Carey [59].	62
Fig. 17. Model usat en els cursos d'adaptació a l'EEES de l'ICE-UPC [67].	63
Fig. 18. Model sistemàtic en cinc punts proposat per a l'adaptació de les assignatures de tecnologia electrònica a l'EEES.	64
Fig. 19. Pregunta d'examen típica d'ED.	68
Fig. 20. Canvis estructurals respecte de la taxonomia de Bloom proposats per Anderson et al. [65] i introducció de la nova dimensió del coneixement.	72
Fig. 21. a) Taxonomia de Bloom, b) taxonomia simplificada que s'ha usat per classificar els objectius d'aprenentatge [66]. S'inclouen alguns exemples d'activitats docents adequades per assolir els nivells simplificats.	73

Fig. 22. Grau d'autonomia i aprenentatge significatiu. P representa l'espai d'acció del professor i E, l'espai d'acció de l'estudiant.	74
Fig. 23. Un mapa conceptual sobre el terme <i>problema</i> segons [69].	77
Fig. 24. Com resoldre un problema. Adaptat de Pólya [70] i enfocat al nostre context.	78
Fig. 25. a) Passos del cicle PBL, b) el PBL des de la perspectiva de l'estudiant.	81
Fig. 26. Exemple de matèria d'assignatura organitzada en tòpics distribuïts en problemes durant el curs [24].	82
Fig. 27. Rendiment en funció de la mena de grups que s'organitzen [77].	84
Fig. 28. Mapa conceptual sobre les definicions associades a l'avaluació en el context acadèmic.	92
Fig. 29. Model de portafolis d'aprenentatge segons [95].	105
Fig. 30. Les dues aproximacions al portafolis segons Barrett [117].	113
Fig. 31. La millora continuada del procés d'ensenyament i aprenentatge segons [107], en què en el context d'una assignatura l'equip de professors pretén implantar un sistema de garantia interna de la qualitat (SGIQ) en totes les fases.	117
Fig. 32. Exemple de registre de les accions dutes a terme quadrimestre rere quadrimestre fins al 06-07 QT, per tal d'anar implementant les successives innovacions a l'assignatura ED i introduir-les a l'altra assignatura SED.	117
Fig. 33. Exemple de l'estructura de l'assignatura ED en què s'aprecien, a més dels continguts tècnics clàssics, les altres activitats que permetran treballar competències genèriques.	130
Fig. 34. Exemples d'exercicis típics de tipus rutina o procediment únic.	130
Fig. 35. Exemple de problema: disseny <i>top-down</i> del control digital d'un motor pas a pas. Esquemàtic capturat en Proteus-ISIS per realitzar-ne la simulació interactiva.	133
Fig. 36. Esquema en blocs d'un petit muntacàrregues d'un domicili particular (<i>dumbwaiter</i>) amb fotografies del muntatge real adossat a una de les parets de la cuina. Problema proposat (EX6, ED 06-07 Q2).	136
Fig. 37. Un teclat codificat per obrir una porta o activar un motor. Exemple de problema "real" d'ED proposat per resoldre a mesura que avança el curs.	138
Fig. 38. Estructura interna del sistema de control del pany electrònic organitzada com un processador dedicat amb una unitat de control i una unitat operativa.	139
Fig. 39. Presentació oral del projecte realitzada per un grup cooperatiu a l'aula davant dels companys de curs.	140
Fig. 40. Fotografia que reflecteix la forma de treballar a l'aula en una sessió de classe cooperativa.	143
Fig. 41. a) Quadre que representa el rol del professor com a orientador del treball realitzat en cooperació pels estudiants de cada grup. b) Format habitual de les classes presencials on els estudiants dediquen la majoria del temps a resoldre els exercicis plantejats.	143
Fig. 42. Mètode cooperatiu per repartiment de tasques, no aconsellable a estudiants de primer curs universitari.	145
Fig. 43. Mètode de resolució cooperativa d'un exercici amb solució "homologada" segons els criteris de la Taula 23.	145
Fig. 44. Activitats acadèmiques i sessions de treball setmanals.	146
Fig. 45. Exemple d'agenda simplificada de curs.	148
Fig. 46 Recursos per a l'aprenentatge d'una matèria convencional.	149
Fig. 47 Recursos per a l'aprenentatge d'ED amb metodologia d'AC.	150

Fig. 48. Part I: Unitat estructurada a través de piràmides de conceptes i procediments.....	155
Fig. 49. Part II: continuació de la Fig. 48.	156
Fig. 50. El mapa conceptual del primer nivell dels descodificadors en <i>PowerPoint</i> complementat amb figures i diagrames de blocs descriptius.	156
Fig. 51. Exemple de diagrama de conceptes per introduir una unitat. Cadascun dels termes en blau són punts de partida per a nous nivells de transparències.	157
Fig. 52. Exemple d'ús del programari lliure CMAPS-Tools per incorporar l'estructura jeràrquica de les unitats didàctiques a la pàgina web del curs.	158
Fig. 53. Les diverses fases de realització d'un puzzle a l'aula descrites com a), b), c) i d).....	161
Fig. 54. a) Wind compass describing the sixteen principal bearings used to measure wind, b) the wind wave, and c) the rotary sensor to be designed.	162
Fig. 55. a) A rotary optical encoder. b) 4-bit Gray code absolute disk track patterns.	162
Fig. 56. Controlador d'una cruïlla de carrers a dissenyar a l'assignatura ED.	164
Fig. 57. Exemple d'esquema d'avaluació de l'assignatura ED.....	165
Fig. 58. Conceptes que s'inclouen en la proposta de portafolis semiestructurat per a l'assignatura ED.	167
Fig. 59. Imatge d'un parell de carpetes de portafolis de grup representatives de l'assignatura ED.	168
Fig. 60. Evolució de les respostes a la pregunta C6 del qüestionari SEEQ que fa referència a l'acceptació de la web docent.	174
Fig. 61. Una de les primeres versions de la pàgina d'entrada a l'assignatura ED.	175
Fig. 62. Versió actual de la pàgina principal de la web de l'àrea de Sistemes Digitals.	176
Fig. 63. Marc de conceptes i activitats desenvolupades en el pilot de CiC.....	181
Fig. 64. Típic circuit amb resistències per analitzar que es complementa amb la realització pràctica de les fonts d'energia.	184
Fig. 65. Croquis d'una llar de dues plantes per electrificar que es proposa d'exercici.	185
Fig. 66. Exemple de l'anàlisi d'un òhmmetre analògic comercial per introduir conceptes bàsics de circuits.	185
Fig. 67. Exemple de termòmetre en barra de LED proposat com a aplicació pràctica per estudiar circuits amb amplificadors operacionals.....	186
Fig. 68. Exemple de projecte d'aplicació: un carregador de bateries comercials.....	187
Fig. 69. Fotografia del prototip de carregador de bateries muntat per un grup cooperatiu d'estudiants.	187
Fig. 70. Conceptes més destacables del temari de SED.....	189
Fig. 71. Exemple d'un problema de SED: rellotge de temps real a dissenyar amb tecnologia de PLD i llenguatge VHDL o bé amb xip microcontrolador i llenguatge C.	190
Fig. 72. Exemple de circuit proposat per dissenyar a SED: un temporitzador programable per accionar un motor.....	193
Fig. 73. Plànol amb els conceptes clau inclosos a CSD.....	197
Fig. 74. Plantilla inicial del portafolis electrònic de CSD amb la barra de navegació pensada per a les tasques a realitzar cronològicament.	198
Fig. 75. Taules de control i arxivament dels treballs dels grups cooperatius.	199

Fig. 76. Eines EDA/CAD industrials usades alternativament a CSD.	200
Fig. 77. Exemple d'exercici de CSD que inclou tòpics dels tres primers temes on es treballa en VHDL: un processador dedicat transmissor de dades sèrie asíncron.	201
Fig. 78. Conceptes i diagrama de blocs d'una màquina d'estats finits (FSM) tal com es descriu en llenguatge VHDL i se sintetitza sobre un dispositiu lògic programable.	203
Fig. 79. Estratègia d'adaptació per poder programar en llenguatge C una FSM que s'executa sobre un microcontrolador.	203
Fig. 80. Rendiment acadèmic d'ED fins a l'extinció del pla d'estudis. Les experiències sobre treball cooperatiu van fer-se a partir del curs 2002-03 QT.	210
Fig. 81. Rendiment acadèmic d'LP.	210
Fig. 82. Rendiment acadèmic d'LE.	211
Fig. 83. Rendiment acadèmic d'SL.	211
Fig. 84. Mitjana ponderada de les notes d'accés a l'EETAC des del curs acadèmic 2002 fins al 2011.	212
Fig. 85. Qualificacions estimades obtingudes a la setmana 9 després de les proves d'avaluació a mitjan quadrimestre dels grups 1B1 i 1B3, on s'aplica el nou mètode d'aprenentatge cooperatiu, i el grup 1B2 on s'aplica l'ensenyament tradicional.	213
Fig. 86. Qualificacions dels grups cooperatius 1B1 i 1B3 actualitzades a la setmana 12.	214
Fig. 87. Gràfica de qualificacions per grup-classe del 02-03 QT d'ED.	215
Fig. 88. Rendiment d'ED del curs 2002/03 Q1.	215
Fig. 89. Temps d'estudi dedicat pels grups-classe d'AC 1B1 i 1B3 a l'ED en hores fins a la setmana 12 del curs.	216
Fig. 90. Gràfica de qualificacions del 2002/03 QP, en el qual l'experiència de l'AC s'ha aplicat per primera vegada a la totalitat dels estudiants.	218
Fig. 91. Exemple de distribució qualificacions d'ED impartida amb el mètode sistemàtic basat en l'AC (05-06 QT i 05-06 QP).	219
Fig. 92. Exemple de distribució de qualificacions (05-06 QT i 05-06 QP): LP impartida amb metodologia activa, LE i SL impartides amb metodologia tradicional.	220
Fig. 93. Exemple de perfil de notes d'una assignatura del quadrimestre 1A (FF) amb ensenyament tradicional (05-06 QT i 05-06 QP).	221
Fig. 94 Rendiment acadèmic de SED. La sèrie de color blau representa el rendiment del grup-classe en què s'han dut a terme experiències d'AC-PBL, i la marró, el rendiment global de l'assignatura.	222
Fig. 95 Rendiment acadèmic d'altres assignatures del 2A: Sistemes Operatius (SO en blau) i Fonaments de Telemàtica (FT en marró).	222
Fig. 96. Rendiment de l'assignatura CiC durant uns quadrimestres (taronja), i rendiment dels subgrups en què s'han realitzat experiències (blau).	224
Fig. 97. Resultats acadèmics de CiC del quadrimestre 07-08-QP en què s'observa la distribució de qualificacions. Les indicacions amb fletxes indiquen el nombre d'estudiants del grup 1AT3 en què s'ha realitzat l'experiència pilot, per exemple, a la franja de 7 – 7,99, dels 11 estudiants totals, 8 són de l'1AT3.	224
Fig. 98. Resultats acadèmics de CiC del quadrimestre 08-09-QT en què s'observa la distribució de qualificacions: a) representa el total d'estudiants i b) representa el grup en què s'ha realitzat l'experiència.	224
Fig. 99. Rendiment de l'assignatura IC per al mateix quadrimestre 08-09 QT.	225

Fig. 100. Rendiment de CSD en relació a l'assolit a les altres assignatures del 2A des de la seva introducció en el curs 10-11-QT.	227
Fig. 101. Perfils de qualificacions a CSD dels quadrimestres 10-11 QT i 10-11 QP.....	227
Fig. 102. Representació del temps invertit per un parell de grups cooperatius base (G4 i G10) fins a la setmana 14 del curs desglossat per activitats (REP, EXG, EXI, EXA,PAP i TUT).....	231
Fig. 103. Gràfica que representa la mitjana de treball dels 9 grups cooperatius fins a la setmana 8 del curs.	232
Fig. 104. Exemple de gràfic d'acumulació de temps d'estudi de l'assignatura ED amb comentaris relatius a les dades recollides de cada grup (09-10 QT, 1BT4 i 1BM1).	235
Fig. 105. Exemple de gràfic d'acumulació de temps d'estudi de l'assignatura CiC amb comentaris relatius al rendiment (08-09-Q1, 1AM2).	236
Fig. 106. Gràfica del Google Docs enllaçada al portafolis electrònic que mostra la dedicació ideal esperada per a un grup cooperatiu base que funcioni correctament.	241
Fig. 107. Gràfica que els estudiants van actualitzant setmana rere setmana a partir de les dades introduïdes per ells mateixos. Poden mostrar-la en referència a la corba ideal.	241
Fig. 108. Exemples de portafolis d'ED en paper.	245
Fig. 109. Graella d'avaluació d'un exercici de CSD emplenada pel grup. Aquestes evidències són consultables cada curs acadèmic perquè queden registrades al portafolis dels estudiants enllaçat a la secció d'agenda del curs.	248
Fig. 110. Respostes de diversos grups en diferents quadrimestres a la pregunta A2 del qüestionari: "He après coses que considero valuoses".	257
Fig. 111. Mostra del primer treball que es va realitzar per obtenir la gràfica de l'evolució de les respostes al grup de preguntes relacionades amb a) aprenentatge, b) càrrega de treball i dificultat.	257
Fig. 112. Evolució de les qüestions relacionades amb l'aprenentatge (A, Taula 52) fins a l'últim curs d'ED.....	258
Fig. 113. Evolució de les qüestions relacionades amb l'entusiasme (B, Taula 52).	259
Fig. 114. Evolució de les qüestions relacionades amb l'organització del curs (C, Taula 52).	259
Fig. 115. Evolució de les qüestions relacionades amb la interacció amb el grup (D, Taula 52).	260
Fig. 116. Evolució de les qüestions relacionades amb l'actitud personal (E, Taula 52).	260
Fig. 117. Gràfica de l'evolució de les qüestions sobre el contingut del curs (F, Taula 52).	261
Fig. 118. Evolució de les qüestions sobre l'avaluació (G, Taula 52).	261
Fig. 119. Evolució de les qüestions sobre els treballs del curs (H, Taula 52).	262
Fig. 120. Evolució de les qüestions sobre la càrrega de treball i dificultat (I, Taula 52).	262
Fig. 121. Evolució del parell de qüestions de visió general (J, Taula 52).	263
Fig. 122. Evolució de les qüestions sobre altres opinions sobre la matèria (K, Taula 52).	263
Fig. 123. Opinions dels estudiants del quadrimestre 03-04 Q1 de l'assignatura ED sobre: a) nivell de dificultat de l'assignatura, b) càrrega de treball.	266
Fig. 124. Evolució de les qüestions relacionades amb l'aprenentatge dels cursos en què s'ha impartit SED (A, Taula 52).	267
Fig. 125. Evolució de les qüestions sobre l'organització del curs (C, Taula 52).	268
Fig. 126. Evolució de les qüestions sobre la càrrega de treball (I, Taula 52).	268

Fig. 127. Evolució de les qüestions sobre l'entusiasme (B, Taula 52).	272
Fig. 128. Evolució de les qüestions d'altres opinions sobre la matèria i el curs (K, Taula 52).	272
Fig. 129. Evolució de les qüestions sobre l'aprenentatge a CSD (A, Taula 52).	273
Fig. 130. Evolució de les qüestions relacionades amb l'entusiasme i didàctica dels professors i participació dels estudiants (B, Taula 52).	274
Fig. 131. Evolució de les qüestions relacionades amb la càrrega de treball (I, Taula 52).	274
Fig. 132. Exemple de la pàgina web i agenda del curs 0607-QT en la qual es proposava realitzar l'exercici EX6, redactat en anglès.	283
Fig. 133. Pàgina web i agenda amb notes de l'exercici EX3 del curs 07-08-Q2 de SED.	284
Fig. 134. Percentatges i gràfiques de resultats de les enquestes del curs 08-09 QP.	286
Fig. 135. Percentatges i gràfiques de resultats de les enquestes (09-10 QT).	288
Fig. 136. Resultat obtingut a la pregunta A5 (09-10 QT) del qüestionari tipus SEEQ d'ED en els grups de matí i tarda.	290
Fig. 137. Exemple de mapa conceptual. Transparència que inicia la unitat 1.9 sobre les alternatives per al disseny de circuits combinacionals senzills i el flux de disseny a seguir per sintetitzar el circuit en un xip programable.	294
Fig. 138. Gràfica que representa el treball docent realitzat per un professor coordinador al llarg d'un quadrimestre de 20 setmanes considerant les tasques CTE, TGA, TGB, COR, EST, CUR, PEX relacionades amb la impartició del curs amb metodologia basada en l'aprenentatge cooperatiu.	298
Fig. 139. Desglossament del temps invertit pel professor coordinador en les diverses activitats relacionades amb la docència de l'assignatura ED.	298
Fig. 140. Nivells d'implicació de l'estudiant i esforç docent del professor per assolir un nivell de qualitat en l'aprenentatge semblant cada any a mesura que avancen els cursos.	300

1 Introducció

1.1 Què és i què proposa l'EEES a diferents nivells

L'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES) és el nou marc de referència per al disseny d'estudis universitaris. El projecte de construcció d'aquest espai comença el 1999, quan els ministres amb competències en educació de 29 països signen la Declaració de Bolonya¹. Avui, l'EEES està constituït per 48 estats europeus, entre països de la UE i de l'espai europeu de lliure comerç i països del centre i de l'est d'Europa. Els ministres d'Educació dels països de l'EEES es reuneixen cada dos anys per fer balanç del que s'ha aconseguit i fixar els objectius del període següent, que es recullen en una declaració. Els documents o declaracions que recullen el procés de construcció de l'EEES fins a l'actualitat són:

- Bolonya, juny 1999
- Praga, maig 2001
- Berlín, setembre 2003
- Bergen, maig 2005
- Londres, maig 2007
- Lovaina, abril 2009
- Budapest i Viena, març 2010
- Romania i Bucarest, abril 2012

La Declaració estableix les bases per construir a Europa un espai comú d'educació superior, a partir de sis objectius:

- L'adopció d'un sistema de titulacions fàcilment comprensible i comparable.
- L'adopció d'un sistema basat en tres cicles: grau, màster i doctorat.
- L'establiment d'un sistema de crèdits europeus (ECTS).
- La promoció de la mobilitat dels alumnes, professors, investigadors i personal d'administració.
- La promoció de la cooperació europea per garantir la qualitat i el desenvolupament de criteris i metodologies comparables.

¹ <http://www.ehea.info/> , <http://www.eees.es/>

- La promoció de les dimensions europees necessàries en educació superior, en referència al desenvolupament curricular, la cooperació interinstitucional, els esquemes de mobilitat i la integració dels programes d'estudis i recerca.

En aquesta tesi ens centrarem en l'oportunitat que ens dóna l'EEES per tractar de millorar substancialment l'aprenentatge dels estudiants pel que fa a continguts específics i competències genèriques. No entrarem doncs en els temes que fan referència a la nova organització de les titulacions superiors (estructura en tres cicles, estudis de grau de 4 anys, complement del títol, etc.) sinó sols en conceptes com ara els ECTS, les competències professionals, etc., més relacionats amb el nou model docent d'ensenyament–aprenentatge al qual volem adaptar-nos.

Els objectius anteriors es podran assolir mitjançant:

- El disseny d'un projecte educatiu que es formalitza com un contracte amb la societat i que va més enllà de la simple descripció d'assignatures.
- El posicionament de l'estudiantat en el centre de l'aprenentatge. Això requereix un canvi important en les metodologies docents.

A grans trets, és sobre aquest últim punt on es basarà el treball objecte d'aquesta tesi. El nou model d'aprenentatge té les característiques següents:

- L'estudiantat se situa al centre del procés d'aprenentatge. La docència s'ha de planificar tenint en compte la dedicació de l'estudiantat (treball en grup, realització de debats, casos pràctics, presentacions...) i no solament les hores de docència del professorat.
- Les titulacions es dissenyen en funció de les competències genèriques i específiques que l'estudiantat ha d'assolir una vegada superats els estudis.

Entenem per *competència* el conjunt de coneixements, habilitats i actituds que ha d'assolir l'estudiantat per desenvolupar la seva activitat a la societat. Les classificarem en específiques i genèriques. Les competències genèriques permeten desplegar certes capacitats intel·lectuals i personals o habilitats interpersonals, i acostumen a tenir una projecció transversal en un pla d'estudis. Fins i tot cada universitat defineix les seves pròpies. Les competències específiques estan orientades a la consecució d'un perfil de professió i queden definides per la legislació estatal.

Generalment, les competències específiques es distribueixen per assignatures al llarg de tota la carrera. En el cas de professions regulades es relacionen amb les atribucions professionals. Per graduar-se en un estudi determinat, els estudiants han d'acreditar haver assolit ambdós tipus de competències. El model en el qual cal cursar assignatures específiques per aprendre les competències professionals és el clàssic establert en la majoria d'escoles. Els plans d'estudi esdevenen una quadricula d'assignatures amb el coneixement distribuït en compartiments que, tot i que no hauria de ser així, a la pràctica funcionen de forma força independent unes de les altres. Des de la nostra aproximació en aquest treball, la pregunta que ens farem pel que fa al contingut específic serà: com organitzar-lo per aconseguir una experiència d'aprenentatge contínua i significativa?

Afortunadament, hi ha altres models de planificació dels estudis, com ara el que s'ha desplegat a l'EETAC per organitzar alguns màsters, estructurat segons l'aprenentatge basat en projectes (PBL), en què en lloc d'assignatures es parla de mòduls multidisciplinaris més amplis [1] a través dels quals, en principi, és més fàcil assolir aquestes experiències d'aprenentatge veritablement significatives i que condueixen al desenvolupament integral de les competències.

Pel que fa a l'adquisició de les competències genèriques o transversals, en aquesta tesi es defensarà que per assolir l'aprenentatge de la majoria, en lloc de procedir a la creació d'assignatures específiques on el temari estigui dedicat exclusivament a desplegar la competència genèrica en qüestió, cal incrustar el temari en les pròpies assignatures convencionals al llarg del pla d'estudis. La Taula 1 llista les competències transversals considerades per la UPC per a tots els graus. En aquesta tesi ens centrarem en el desenvolupament de: treball en equip, aprenentatge autònom, comunicació oral i escrita eficaç, ús solvent dels recursos d'informació i ensenyament a través de l'anglès.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1) Emprenedoria i innovació2) Sostenibilitat i compromís social3) Tercera llengua4) Comunicació oral i escrita eficaç5) Treball en equip6) Ús solvent dels recursos d'informació7) Aprenentatge autònom |
|---|

Taula 1. Llista de competències genèriques comuns a tots els graus de la UPC.

Una part molt gran de la responsabilitat per dur a terme una eficient adaptació a l'EEES recau en els professors universitaris. Essencialment, aquests han d'aprendre a impartir docència d'una forma alternativa a la tradicional, i per això es requereix la seva formació en les noves metodologies. A la UPC, és l'ICE l'encarregat de coordinar aquesta tasca de formació del professorat en els nous àmbits docents. El doctorand ha estat participant directament aquests anys en aquesta tasca de formador de l'ICE, impulsant, juntament amb altres professors del grup d'assessors, activitats i cursos per explicar el nou model educatiu i com instal·lar-ne els principis a la seva tasca quotidiana. Actualment gran part de l'esforç realitzat està coordinat sota la plataforma RIMA² que serveix de paraigües per a una varietat de grups d'interès que han posat de manifest la voluntat d'innovar en aquesta àrea. Per exemple, el doctorand ha coordinat el grup d'interès en el portafolis de l'estudiant GtPoE³, una de les noves tècniques per avaluar i mostrar (al professor, a altres estudiants, a l'escola, ...) què i com ha après l'estudiant, i que serà àmpliament tractat en aquesta tesi.

L'Escola Universitària Politècnica del Baix Llobregat (EUPBL) es va posar en marxa l'any 1991 coincidint amb la reforma acadèmica de la UPC. El centre es va

² <https://www.upc.edu/rima>

³ <https://www.upc.edu/rima/grups/gtpoe>

caracteritzar per aixopugar la innovació docent amb un pla d'estudis d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicació amb avaluació continuada i grups-classe reduïts [2]. El curs 2001-2002 es traslladà a Castelldefels i, aprofitant la incorporació del segon cicle dels estudis de telecomunicació, adoptà el nom d'Escola Politècnica Superior de Castelldefels (EPSC). L'any 2010, amb la introducció dels estudis de grau i màster que substituïren les enginyeries tècniques i els segon cicles, passà a anomenar-se Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (EETAC). El doctorand ha participat pràcticament des del curs 2002-2003 i fins a l'actualitat en experiències d'innovació docent localitzades en aquest centre. El director d'aleshores, el Dr. Javier Bará, ens animava a no restar passius instal·lats en l'estabilitat i programes i metodologies immutables [2].

L'EETAC, doncs, ha participat intensament en el procés de recerca en metodologies docents des d'un bon començament i s'ha convertit en un referent estatal. Força abans d'arrencar l'EEES ja estàvem immersos en activitats d'innovació i millora de la qualitat docent simplement perquè en veiem la necessitat. I en arribar l'EEES les activitats van tenir continuïtat a través de la participació en el pla pilot dels estudis de primer cicle d'Enginyeria de Telecomunicació proposat per la Generalitat de Catalunya. L'informe⁴ elaborat pel director Dr. Miguel Valero explica detalladament en què ha consistit la prova pilot i els remarcables resultats que ha produït.

La recerca i experimentació realitzada en noves metodologies docents aplicada a les pròpies assignatures, addicionada amb l'activitat a l'ICE de realització de tasques de formació del professorat, que sense cap dubte ha permès disseminar els resultats obtinguts en les múltiples experiències realitzades a l'aula, és la base que dóna consistència al treball d'aquesta tesi.

Aquesta línia introductòria pot continuar-se referenciant moltes obres publicades els últims anys en relació a les limitacions del sistema tradicional i les innovacions i reptes en tots els sentits que aporta un canvi paradigmàtic com el recollit per l'EEES (per exemple: [3], [4] i [5]) que en el fons coincideix amb les noves visions de l'ensenyament universitari que ens arriben dels Estats Units i altres països fora de l'òrbita europea (per exemple a: [6], [7], [8] i [9]). La referència [10] del professor J. Rué és una de molt escaient que analitza tots els punts importants de l'EEES, entre els quals també s'inclouen amb profunditat els referents als canvis de metodologia docent que ens interessen sobretot en aquest treball.

1.2 El model docent de l'EEES. Per què canviar el model tradicional?

Què representa el nou model docent apuntat per l'EEES? En què es diferencia de l'ensenyament tradicional? Per què l'adaptació a l'EEES esdevé tot un repte? Per què per explicar millor els conceptes nous que desenvoluparem cal fer un parèntesi per revisar succintament les teories de l'aprenentatge i ensenyament?

⁴ En aquesta adreça trobareu la documentació completa sobre el pla pilot dut a terme a l'EETAC: <http://eetac.upc.es/projectes/adaptacioEEES/>. Per exemple s'hi pot llegir l'informe de valoració i recull d'evidències presentades a l'AQU sobre el funcionament de la prova pilot: http://eetac.upc.es/projectes/adaptacioEEES/materials/informe_noviembre2007.pdf

Com que el que tenim més clarament a l'abast, per la nostra formació tècnica i la nostra experiència professional, és la docència i la forma d'impartir classe que hem anat desenvolupant des de sempre, segurament, per fer-nos una millor idea dels nous plantejaments metodològics que hi ha rere l'EEES, serà millor començar discutint com és l'ensenyament tradicional, quins avantatges ens aporta, perquè l'hem usat sense qüestionar-nos-el gaire, i sobretot quins problemes té, que de ben segur seran prou determinants per suggerir reemplaçar-lo per un altre model més potent que ens serveixi millor als nous reptes que presenta l'ensenyament superior d'aquest nou segle. És a dir, com a primera resposta orientativa a la sèrie de qüestions que ens plantejem, podem dir que el model docent universitari tradicional, no es suficient per abordar el repte que representa organitzar el estudis universitaris per tal que fructifiquin els nous objectius apuntats per l'EEES.

1.2.1 El mètode tradicional

La docència universitària clàssica, a través de la qual ens hem format la majoria de docents que tenim una certa edat, consisteix essencialment en la utilització massiva o omnipresent de la classe magistral expositiva per impartir continguts específics per a la majoria d'assignatures. A més, en el nostre cas d'estudis tècnics, disposem de classes de problemes que també solen ser expositives, i laboratoris, en els quals es fan grups de dos o tres estudiants simplement perquè no hi ha instrumental per a tothom. Generalment sol ser habitual que hi hagi diferents professors per la teoria, els problemes i els laboratoris. I, finalment, es realitza l'avaluació dels continguts apresos per l'estudiant a través d'exàmens. Aquests ofereixen la primera oportunitat als docents de comprovar com els alumnes estan digerint els coneixements impartits, i normalment ja està força avançat el curs quan es tenen les primeres dades. I si, a més, els tests detecten que hi ha problemes seriosos per part dels alumnes per a entendre els coneixements, ben sovint les classes continuen con si res, procedint amb la impartició d'altres coneixements més avançats en el temari. La docència plantejada d'aquesta manera és òptima en el sentit d'adaptar-se a la transmissió de coneixements tant per a grups grans de fins a 200 estudiants com per a grups reduïts de sols una dotzena d'estudiants, en què la majoria de vegades ni la interacció humana ni el rendiment acadèmic són l'objectiu dels docents.

Les limitacions que ofereixen les classes magistrals, tal com les exposa Biggs ([11], capítol 6) a partir de l'estudi de la recerca realitzada sobre el tema, són la millor forma d'expressar el problema que tenim si continuem fent-ho com sempre:

- 1) Les classes són tan efectives com altres mètodes per transmetre informació, però no pas més. En aquest sentit, més de quaranta estudis suggereixen que la simple lectura dels materials per part de l'alumnat sense supervisió del professor són més efectives que les classes.
- 2) Les classes no són efectives per estimular l'aprenentatge significatiu o el pensament profund, és a dir, les activitats intel·lectuals que van més enllà de la pura memorització d'informació. Per exemple: lectures voluntàries fora de l'aula, contrastar diverses fonts, solucionar problemes, prendre decisions, aplicació de principis, creativitat. Dels 26 estudis que s'han revisat, no n'hi ha

- cap que afavoreixi les classes per sobre d'altres mètodes pel que fa a l'assoliment d'aquest pensament profund.
- 3) Les classes no són adequades per inspirar o canviar les actituds dels estudiants vers l'estudi. Sols un article es posicionava a favor de les classes, però sols després de reiterar que si bé els oradors excepcionals sí que poden inspirar, la majoria de professors no ho aconsegueixen, tot i que molts d'ells es creuen que sí que ho fan.
 - 4) Als estudiants els agraden les bones classes, però com a norma prefereixen un treball en grup ben dirigit.

La Fig. 1 explica que l'atenció dels estudiants, i per tant l'efectivitat de la classe, cau ràpidament després d'uns 20 minuts, a no ser que s'introdueixi un petit descans o es reprengui la classe amb una altra activitat. Recordem que moltes vegades fem classes de fins a 2 hores en les quals fins i tot suprimim el descans de mitja classe.

Consegüentment, si baixa l'atenció quedarà afectada la qualitat de les notes de classe recollides pels estudiants, que, segons [9], és l'activitat més important de la classe i que determinarà el rendiment final de les assignatures. La qualitat d'aquests apunts de classe dependrà en gran mesura del nivell del professorat que imparteix la matèria. A més, en canviar en els últims anys el perfil dels estudiants que arriben a la universitat, els avantatges inherents a l'habilitat de saber elaborar uns bons apunts pel que fa a l'aprenentatge dels coneixements específics, han disminuït.

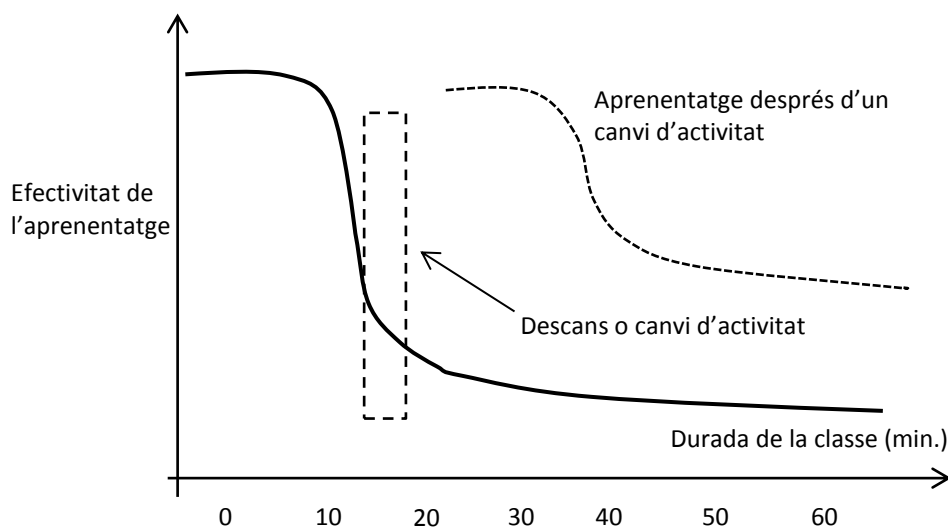


Fig. 1. Efectivitat de l'aprenentatge en una classe expositiva [8].

Segons Biggs, si el nostre objectiu no és pensar seriosament en alguna tècnica per trencar la ubiqüitat de la classe magistral, disposem d'algunes maneres de millorar l'efectivitat de les classes pel que fa a l'aprenentatge, algunes tan senzilles d'implementar com la representada a la Fig. 1, en què s'introdueix algun canvi d'activitat per continuar mantenint la concentració dels estudiants. En el seu text ens proposa algunes idees per aconseguir fer classes expositives més actives, que funcionen fins i tot per a classes d'un gran nombre d'estudiants. Sol ser habitual que els ICE de les universitats ofereixin cursos orientats en aquest sentit. Vegeu per exemple la referència [67] pel que fa a la millora de les classes expositives.

No seguiré per la línia d'insistir en l'ús extensiu de les classes expositives, encara que sigui amb millores. Preferiré, com s'esposarà en els capítols següents, reservar l'exposició de continguts per part del professor per a tasques més concretes, com pot ser una micro-classe de 10 minuts, pensada espontàniament per aclarir algun concepte en què la majoria d'estudiants tenen dubtes que no els permeten continuar.

En relació a les classes magistrals i què donen de si, m'agrada parafrasejar aquesta referència [13] que apareix en un llibre blanc de la Universitat de Michigan sobre enginyeria, recerca i docència, i que ens orienta cap al camí que hem de seguir:

"The ubiquitous lecture is the bane⁵ of true learning", especially in observation-based, hands-on fields such as engineering. The lecture-dominated system encourages a passive learning environment, a highly compartmentalized (lecture-sized) curriculum, and worst of all, instils neither the motivation nor the skills for life-long learning. Beyond that, engineering education should move away from the current dominance of classroom based pedagogy to more active learning approaches that engage problem-solving skills and team building".

Finalment, cal considerar la formació inicial dels estudiants actuals. Hi ha molts estudis al respecte, per exemple, el vídeo⁶ que incideix en l'enorme efecte que té l'entorn tecnològic actual respecte del que hi havia fa tan sols un parell de dècades sense les ICT. Les dades que aporta el DVD⁷ basat en el text de Biggs mostren una entrada generalitzada d'estudiants de tipus *Robert* en front dels tipus *Susan*. Els estudiants *Robert* centren la seva estratègia en el que s'anomena aproximació superficial a l'aprenentatge, consistent bàsicament a fer les tasques assignades amb el mínim esforç i memoritzant alguns continguts, tot i fer veure que s'han fet correctament. Els tipus *Susan*, els estudiants que predominaven a la universitat fa unes dècades, estan focalitzats en l'aprenentatge profund dels continguts per entendre veritablement la matèria, sense dreceres ni comportaments incorrectes. Segons Biggs, els mètodes actuals d'ensenyament i aprenentatge encoratgen l'aprenentatge superficial, i som nosaltres que hem d'aconseguir que els *Robert* es comportin com els *Susan*.

Així doncs, basar la docència en classes magistrals i exàmens, com s'ha fet habitualment, queda clar que, per a la majoria d'estudiants, sols dona la possibilitat d'aprenentatges bàsics (*rote learning*). No es promou l'aprenentatge significatiu explicat a la secció següent, i menys en enginyeries, en què l'estudiant ha d'aprendre fent activitats. Tampoc és possible d'aprendre moltes de les competències

⁵ *bane*: a thing that ruins or spoils.

⁶ Wesch, M., "A Vision of Students Today", *Human Futures for Technology and Education*, 2007, http://digsys.upc.es/ed//CSD/units/Ch1/U1_01/Unit1_1.html

⁷ Brabrand, C., Andersen, J., "Teaching Teaching & Understanding Understanding", DVD, Aarhus University Press, Denmark, 2006, <http://www.daimi.au.dk/~brabrand/short-film>

genèriques (treball en grup, treball autònom, etc.) en un entorn docent basat en classes expositives tradicionals. Resumint: arreglar el sistema basat en les classes magistrals per tal que aconseguissin ser efectives, si és que fos possible, portaria tal quantitat de feina que és molt més efectiu canviar directament cap al paradigma de l'aprenentatge actiu o altres formes d'organitzar la docència lluny de les classes tradicionals.

D'altra banda, avui en dia (Cowan [15], pàg. 136), i més encara en la nostra àrea tecnològica, els computadors i internet solucionen amb eficàcia la majoria de requeriments associats als nivells cognitius més baixos, per exemple: estudi de nous recursos i eines de treball, informació sobre nous materials i tecnologies, tasques rutinàries que segueixen procediments ben pautats. Així, en poder resoldre les tasques més senzilles amb rapidesa i eficàcia, els empleadors esperaran dels nous graduats que hagin desenvolupat les capacitats cognitives d'alt nivell, les quals passaran a ocupar gran part del seu horari laboral. La conseqüència és que, per aquesta i moltes altres raons, s'esperarà de nosaltres els professors, que haguem procurat dissenyar els plans d'estudi, les assignatures, els objectius d'aprenentatge, les experiències de classe i l'avaluació per tal d'obtenir uns resultats que demostrin que els estudiants realment són competents en nivells cognitius superiors.

D'alguna manera, aquests plantejaments de canvi pel que fa al rol dels professors, també els suggereix Salman Khan, que ha construït la seva impressionant Khan Academy⁸ a partir de classes explicatives *online*. Ens conta que, amb la disponibilitat massiva de coneixements a través d'internet, en tots els formats i per a totes les plataformes inimaginables, el que no té sentit és continuar usant els professors com a simples transmissors, sinó que la feina que fan ha de ser més preuada, de nivell més alt: en lloc d'emprar pràcticament tot el temps explicant lliçons que els alumnes ja tenen a l'abast a casa seva, ¿per què no dediquen el temps de classe a interactuar amb els estudiants, responant les qüestions més complicades, orientant-los en com han d'aprendre i fent-los sentir responsables del seu propi aprenentatge, que de ben segur és la més important de les competències? Es tractaria de tendir cap a la formació combinada amb activitats d'aprenentatge virtual (*blended learning*)[16].

Finalment, a les escoles d'Enginyeria de Telecomunicació es dona la circumstància que ja no hi ha grans grups-classe. Sense anar més lluny, a l'EETAC des de sempre s'ha disposat de grups de com a molt 40 estudiants. A més, comptem amb recursos materials i suport més que suficients per realitzar tota mena d'experiències significatives d'aprenentatge. I malgrat tot, el rendiment acadèmic és molt baix des de fa massa anys. Consegüentment, estem destinats a utilitzar metodologies alternatives d'instrucció sense més excuses o dilacions.

1.2.2 Teories d'aprenentatge i ensenyament

Si volem entendre què hi ha rere el nou paradigma educatiu proposat per l'EEES, cal haver-se documentat succintament sobre les bases i els conceptes relacionats amb l'aprenentatge i ensenyament que s'han desenvolupat durant el segle XX [25] i com

⁸ www.KhanAcademy.org

s'han classificat. D'aquesta manera veurem més clarament quin sentit tenen els termes que repetirem una vegada i una altra durant el treball, com per exemple: *conductisme* i *constructivisme*, *aprenentatge per experiència*, *aprenentatge actiu* i *significatiu*, *cooperació a l'aula*, etc.

Evidentment hi ha moltíssimes fonts d'informació sobre la psicologia de l'aprenentatge i de la instrucció, de vegades sense concordança i presentada o classificada amb matisos diferents. Ens és necessària, tot i que no és la nostra àrea d'expertesa, i per això no anirem més enllà d'un estudi elemental o d'una possible classificació de les teories d'aprenentatge com la presentada a la Taula 2 a partir de la referència S. B. Merriam et al. [23], que ens permet descobrir i parlar d'alguns autors i conceptes amb certa propietat. Així mateix ens ajudarem del text [22] de M. S. Knowles et al., que tracta com aprenen els adults.

Aspecte	Conductisme	Humanisme	Cognitivisme	Cognitivisme social	Constructivisme
Teòrics	Guthrie, Hull, Pavlov, Skinner, Thorndike, Tolman, Watson	Maslow, Rogers	Ausubel, Bruner, Gagné, Koffka, Kohler, Lewin, Piaget	Bandura, Rotter	Candy, Dewey, Lave, Piaget, Rogoff, von Glaserfeld, Vygotsky
Definició del procés d'aprenentatge	Canvi en la conducta o comportament	Un acte personal per assolir el desenvolupament	Processament de la informació (incloent visió, memòria, percepció i metacognició)	Interacció amb l'observació dels altres en un context social	La construcció de significat des de l'experiència
Espai d'aprenentatge	Estímuls en un ambient extern	Necessitats afectives i de desenvolupament	Estructura cognitiva interna	Interacció de la persona, el comportament i l'ambient	Construcció del coneixement socialment i individual
Propòsit de l'aprenentatge	Produir un canvi de conducta en la direcció desitjada	Esdevenir una persona madura, autònoma i auto-realitzada	Desenvolupar capacitats i habilitats per aprendre millor	Aprendre nous rols i comportaments	Construir el coneixement
Rol del professor	Organitzar l'ambient per obtenir la resposta desitjada	Facilitar el desenvolupament de la persona en la seva totalitat	Estructurar el contingut de les activitats d'aprenentatge	Modelar i guiar nous rols i comportaments	Facilitar i negociar la construcció de significat amb l'alumne
Manifestacions pel que fa a l'aprenentatge d'adults	<ul style="list-style-type: none"> - Objectius conductuals - Millora del rendiment - Responsabilitat - Desenvolupament d'habilitats - Entrenament i departament de recursos humans 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Andragogia</i> - Aprenentatge autodirigit - Desenvolupament cognitiu - Aprenentatge transformacional 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendre a aprendre - Adquisició de rols socials - La intel·ligència, l'aprenentatge i la memòria relacionada amb l'edat 	<ul style="list-style-type: none"> - Socialització - Aprenentatge autodirigit - Control (<i>locus of control</i>) - Tutoria (<i>mentoring</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprenentatge experiencial - Aprenentatge transformacional - Pràctica reflexiva - Comunitats de pràctica - Aprenentatge contextualitzat (<i>situated learning</i>)

Taula 2. Les cinc orientacions per a l'aprenentatge segons [23].

1.2.2.1 La base conductista de la programació curricular

Podríem començar dient que l'interès que van tenir els psicòlegs teòrics conductistes (Thorndike, Skinner, etc.) per les qüestions vinculades a l'ensenyament escolar,

d'acord amb la idea d'extrapolar els postulats bàsics de l'aprenentatge general a l'entorn escolar i les seves situacions, és el punt de partida de tot un conjunt de models que han definit la instrucció.

L'ensenyament és el procés a través del qual s'instauren en els alumnes les conductes descrites pels qui planifiquen el currículum [14]. En aquesta definició, d'una banda es remarca que l'alumne ha de donar un conjunt de respostes observables ben específiques, i d'una altra banda, hi ha la idea del control que l'ambient exerceix sobre aquestes respostes a través dels mateixos principis explicatius de qualsevol altre aprenentatge.

Les idees conductistes són rere el concepte del programa de l'assignatura: dividir la matèria en passos molt petits davant dels quals els alumnes hagin de donar constantment una resposta per aconseguir mantenir la intensitat del seu comportament basant-se en reduir errors i facilitar reforçaments. Es tracta de les tècniques de modificació de conducta.

Més endavant Gagné ([14], [22] i [58]) desenvolupa la noció de *jerarquies d'aprenentatge*, que pressuposa que és possible especificar una jerarquia d'habilitats o destreses intel·lectuals de complexitat creixent (vegeu la Fig. 2). Les habilitats d'un nivell inferior s'aprenen amb processos més elementals que les d'un nivell superior, i l'aprenentatge d'una competència superior implica com a requisit el domini de les inferiors. Aquests plantejaments posen de manifest la necessitat de formular objectius, establir un ordre, una seqüència ordenada de l'ensenyament, unes condicions d'aprenentatge clarificant la forma en què es vol treballar per facilitar la consecució dels objectius i quina mena de resultats s'espera obtenir tenint en compte les característiques de l'aprenent i les capacitats inicials de què disposa, en la mateixa línia en què va treballar Bloom [63] en la seva taxonomia d'objectius d'aprenentatge, i dels models d'instrucció sistemàtica que varen proposar també Dick i Carey [59] entre d'altres. Com es veurà, rere la nostra proposta de plantejament de la instrucció hi ha un model sistemàtic de base conductista inspirat directament en els treballs d'aquests autors.

Gagné col·loca el professor com a responsable d'establir un entorn que faciliti l'aprenentatge amb funcions ben concretes: presentar estímuls, dirigir l'atenció dels estudiants cap als estímuls i esdeveniments presentats, oferir exemples de què i fins a quin nivell s'ha d'aprendre, donar indicacions i pistes que facilitin les connexions entre conceptes, ordenar les idees i apuntar cap a la direcció correcta per resoldre els problemes, induir la transferència del coneixement apresos cap a problemes similars i situacions noves, avaluar fins on s'han assolit els coneixements i subministrar retroalimentació perquè es pugui replantejar el que és incorrecte. Identificarem moltes d'aquestes funcions amb l'ensenyament tradicional vehiculat pel professor i al qual d'estudiant s'ha acomodar, tot i que són funcions que també es donaran en metodologies d'aprenentatge actiu.

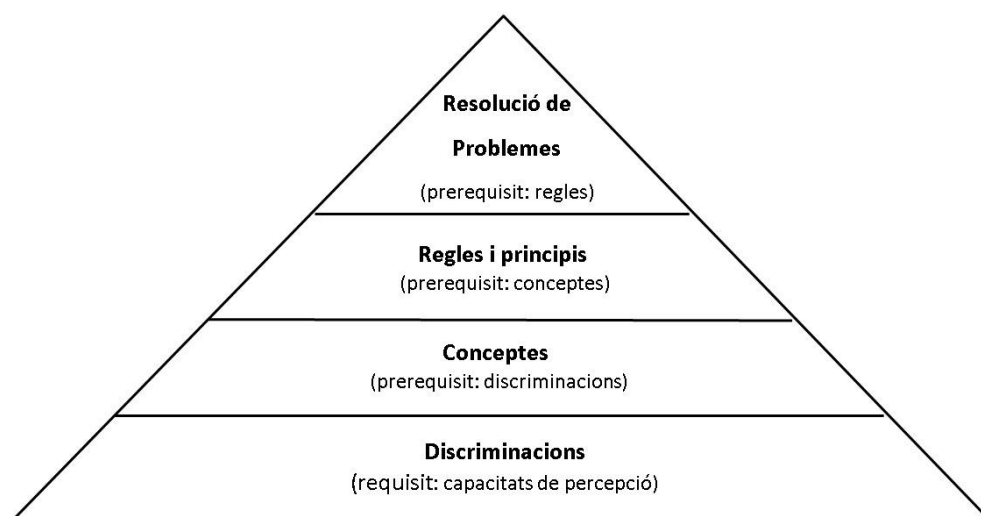


Fig. 2. Nivells de complexitat de les activitats intel·lectuals (Gagné [58]).

1.2.2.2 Teories d'aprenentatge actiu

Les altres quatre orientacions de l'aprenentatge descrites a la Taula 2 ens ubiquen en més o menys mesura en el paradigma de l'aprenentatge actiu, el que té com a objectiu posar l'estudiant en el centre del procés d'ensenyament i aprenentatge, àmpliament referenciats a la literatura ([15], [17], [20], [24], [27] i [131]). Es tracta del paradigma sobre el qual se sustenta aquest treball, ja que bàsicament hem pretès de realitzar una aportació a l'aplicació de l'aprenentatge actiu a les nostres assignatures.

Un sistema d'idees sobre com ensenyar amb eficiència que ha tingut molt d'impacte el va proposar John Dewey en el seu *Experience and Education* [19] de 1938. El conceptes clau són *experiència*, *democràcia*, *continuitat* i *interacció*. En les seves pròpies paraules (pp. 16-17) el repte és el següent:

"Hence the central problem of an education based upon experience is to select the kind of present experiences that live fruitfully and creatively in subsequent experiences."

Dewey ens proposa la idea que el principi de *continuitat* d'experiències significa que cada experiència pren quelcom de l'experiència que l'ha precedida i al mateix temps modifica la qualitat de les que vindran a continuació. Un concepte determinant per a aquells que hem dut a terme experiències d'aprenentatge basat en problemes, els quals no es poden presentar de forma aïllada, sinó que s'han d'aconseguir encadenar l'un a l'altre durant tot el curs per maximitzar-ne l'eficàcia.

La *interacció* expressa el segon principi fonamental per interpretar una experiència en la seva força i funció educativa. Dóna el mateix valor a les condicions objectives externes que a les internes (a diferència de l'ensenyament tradicional, que no considera les condicions de cada estudiant particular i es preocupa sols de les condicions exteriors). Com són els estudiants passa a ser determinant per generar experiències educatives d'èxit.

El docent ha de ser conscient de quin és l'estat de desenvolupament de l'estudiant per adaptar les experiències a les capacitats que posseeix, i que aquelles el preparin

per poder anar més enllà a través d'altres experiències futures. És a dir, creixement, continuïtat i reconstrucció d'experiències. Així, el docent ha de conèixer no sols la matèria a impartir sinó les característiques dels estudiants que té per poder seleccionar i preparar les activitats en què tots podran contribuir d'una manera o altre interaccionant entre ells i amb el professor; l'educació esdevé un procés social. Seran aquestes activitats en què tots participen les que portaran el control de l'ensenyament; el professor doncs, deixa de ser el cap o dictador extern, i passa a ser el líder, el facilitador de les activitats en grup.

Aquestes idees centrals de Dewey i d'altres constructivistes han estat adoptades pel pensament contemporani sobre educació i constitueixen el rerefons dels canvis d'orientació que per exemple propugna l'EEES. Sense anar més lluny, si revisem els documents de Santacana [42] i Rodríguez [43] quan expliquen el model pedagògic de base constructivista de la UOC, observem idees ben similars:

“El desenvolupament i aprenentatge humans són bàsicament el resultat d'un procés de construcció del coneixement. I l'ensenyament, una ajuda a aquest procés”.

Santacana proposa l'esquema de la Fig. 3 per relacionar els principis bàsics de la concepció constructivista i poder trobar la confluència de tot aquest sistema d'idees amb l'entorn tecnològic específic de la UOC. Tal com apunta: “un gran desafiament, sobretot per sostenir alguns dels seus principis fonamentals: l'aprenentatge significatiu, els coneixements previs, la bastida de l'aprenentatge, la construcció de significats compartits, la interacció, etc.”. Tot i que la nostra universitat és majoritàriament presencial, gran part d'aquesta base teòrica també sustenta les nostres concepcions, i no sols quan hem de preparar cursos semipresencials o virtuals. La tecnologia i les oportunitats del *blended-learning* ja són omnipresents i d'ara en endavant modelitzaran qualsevol entorn d'educació superior. El professor ha d'esdevenir el facilitador, el tutor de l'estudiant, mentre que aquest se situa al centre del procés.

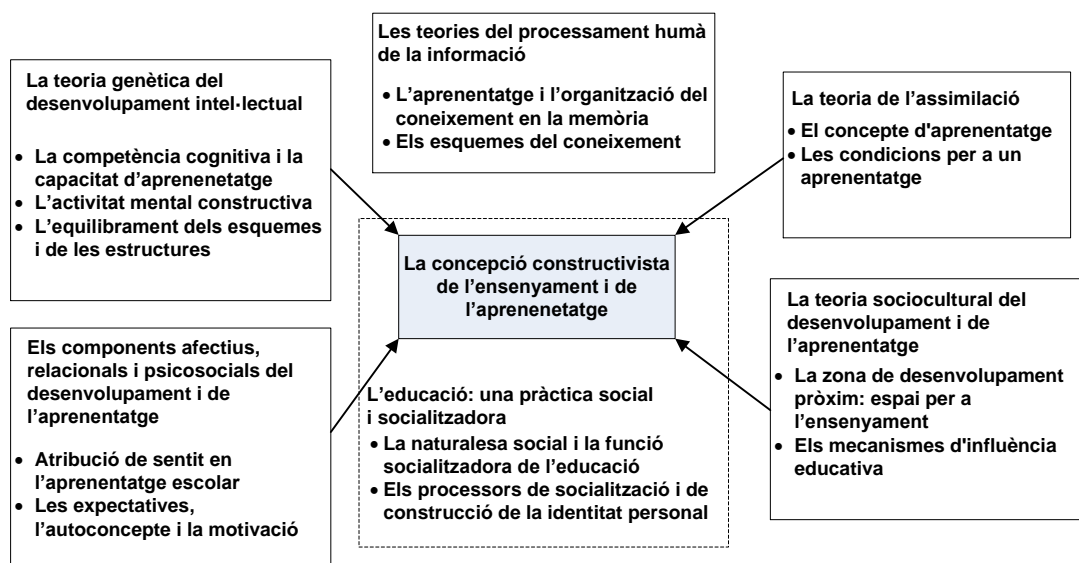


Fig. 3. Principis bàsics de la concepció constructivista de l'ensenyament i aprenentatge a partir de les fonts teòriques que li donen suport (Santacana [42]).

Pel que fa a la interacció social, nosaltres ho tenim més fàcil que a la UOC, en el sentit que tenim els estudiants a l'aula, la comunicació asíncrona serà doncs sols una eina auxiliar, mentre que treballarem gran part del temps en sincronia per anar construint els coneixements. Ens serà més fàcil de determinar amb metodologies actives quins són els esquemes mentals dels estudiants, els seus coneixements previs, fins on han arribat, per poder assimilar i ampliar nous esquemes de coneixement. Així mateix, amb la cooperació entre grups d'estudiants, serem eficaços en el sentit que a partir del nivell de desenvolupament actual de l'alumne el farem progressar per la seva zona de desenvolupament proper (ZDP), la hi eixamplarem i l'ajudarem a generar-ne d'altres. El que l'estudiant aprendrà primerament amb l'ajuda dels altres, els seus companys i professor, més endavant ho aprendrà per si mateix.

1.2.2.3 L'aprenentatge significatiu

Hi ha un altre concepte que cal remarcar per la incidència que tindrà en l'orientació de les activitats proposades a les nostres assignatures i la forma de resoldre-les: l'aprenentatge significatiu.

La distinció entre aprenentatge significatiu i el repetitiu –o memorístic, mecànic o superficial– es fonamenta en el vincle que s'estableix entre el nou material que cal aprendre i els coneixements previs de l'alumne i la forma en com l'estudiant el va assimilant i encaixant de manera substantiva amb l'estructura cognitiva que ja posseeix (vegeu la Fig. 4). Ausubel ([14] i [25]) apunta tres condicions bàsiques necessàries perquè pugui haver-hi un procés d'aprenentatge significatiu, tant si es tracta de continguts com de processos:

- 1) La significativitat lògica del nou material que cal aprendre remet a l'estructura interna d'aquest material, que no ha de ser ni arbitrària ni confusa, per facilitar d'establir relacions substantives amb els coneixements previs de l'alumne. Veurem que una de les eines bàsiques per treballar els materials seran els mapes conceptuals [28]. Així mateix, la resolució de problemes s'organitzarà sempre esquemàticament a partir de jerarquies conceptuals, regles, diagrames i processos que permetin la comparació i avaluació de resultats.
- 2) La significativitat psicològica. Per assolir aquest nivell d'aprenentatge, l'alumne ha de disposar en la seva estructura cognitiva de coneixements previs pertinents i activitats que pugui relacionar amb el material que s'ha d'aprendre. I com s'ha comentat, el treball en cooperació serà decisiu per ajudar-lo a engrandir la seva base.
- 3) L'alumne ha de tenir una determinada actitud o disposició favorable a aprendre de manera significativa, és a dir, a relacionar el que aprèn amb el que ja sap. La motivació serà fonamental per assegurar l'èxit d'aquesta mena d'aprenentatge, condició que hem observat clarament en les nostres experiències. Qui no està motivat i amb una actitud favorable no pot aprendre significativament i es conformarà (si el deixem, és clar) amb un aprenentatge mecànic.

Ausubel no entén la distinció entre aprenentatge mecànic i significatiu com a compartiments estancs, sinó com un contínuum en què ambdós poden coexistir en un mateix procés d'aprenentatge [43].

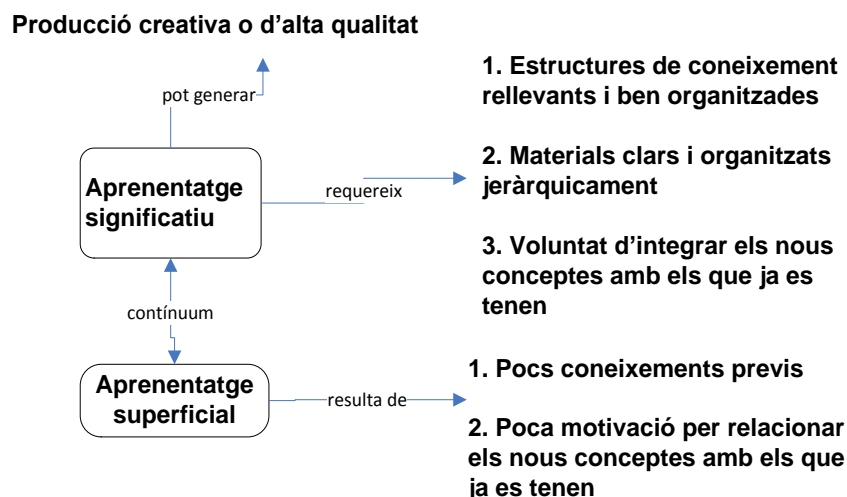
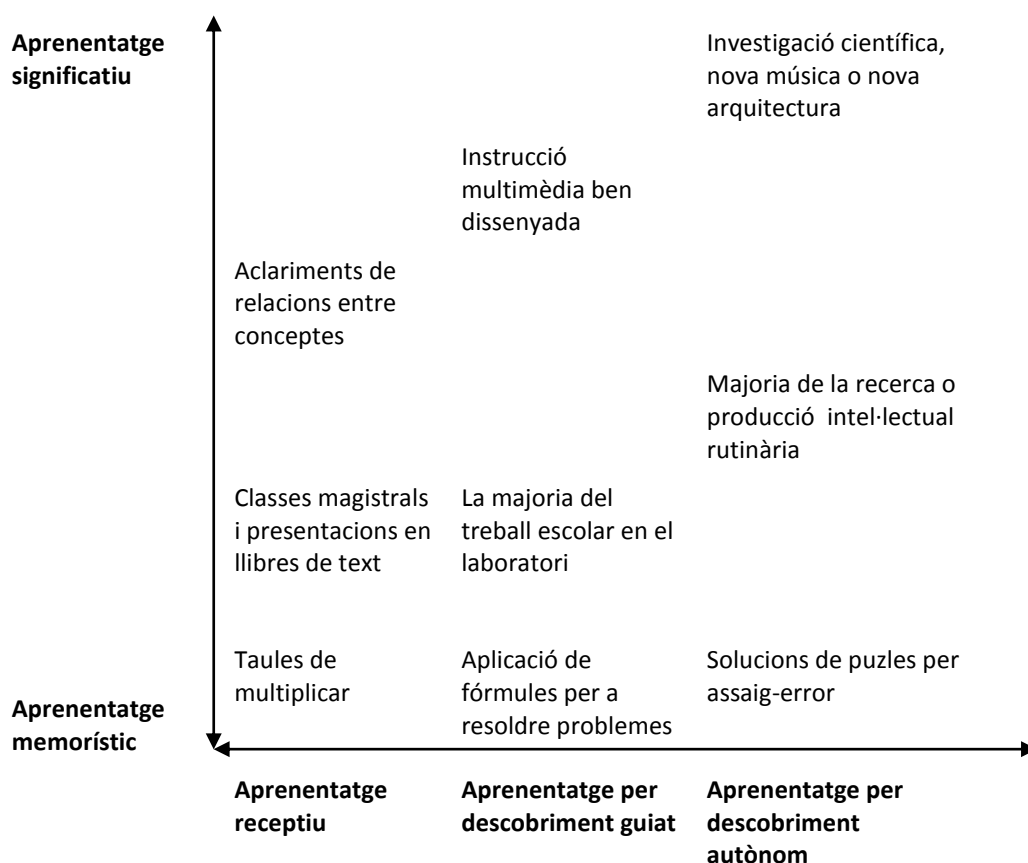


Fig. 4. Aprenentatge superficial i aprenentatge significatiu.

Aquesta idea que els estudiants han de prendre un paper actiu en aquest context de l'aprenentatge significatiu, exigeix que l'alumne estableixi relacions entre el nou contingut i els elements ja disponibles en la seva estructura cognitiva, procés que comporta una gran activitat, la qual, com explica Santacana, és fonamentalment interna i no s'ha de confondre amb la simple manipulació d'objectes o exploració de situacions. Tot i que aquí, i en la nostra àrea tècnica encara més, sí que hem de connectar activitat al concepte d'experiència de Dewey, en el sentit que no qualsevol experiència és vàlida, d'acord, però sí que les experiències preparades pels docents expressament per a tal efecte, facilitaran l'estimulació de l'activitat interna necessària per assolir l'aprenentatge significatiu. Serà molt més fàcil arribar-hi *fent* coses que no pas escoltant classes expositives amb actitud passiva. Recordem que els nostres estudiants són adults i se suposa que disposen ja de competències consolidades en entrar a la universitat, habilitats que els podem portar a valorar les tècniques que condueixen a un aprenentatge significatiu per sobre d'un de memorístic o superficial.

La Taula 3 de Novak [30], col·laborador d'Ausubel, que també presenta Sarramona [31] en relació a les possibilitats que oferirà un ensenyament de tipus receptiu –no necessàriament passiu–, és a dir, l'aprenentatge que és conseqüència de la presentació per part dels docents de continguts i de materials acuradament elaborats en front d'un d'orientat més al descobriment, és molt il·lustradora. En principi, hem de tenir clar que tant els mètodes docents de tipus receptiu com els de descobriment poden conduir-nos a un aprenentatge superficial decebedor o a un aprenentatge significatiu espectacular, en el fons dependrà de la disposició dels estudiants i de l'organització dels materials d'instrucció. Es pot veure que l'aprenentatge receptiu significatiu assoleix metes menys ambicioses que l'aprenentatge significatiu per descobriment. És interessant remarcar que Ausubel va insistir que aquest

aprenentatge receptiu és el més pròpiament escolar, economitza temps i resulta el més eficaç en un situació en què els coneixements ja ens vénen donats, i no com en el cas de la recerca científica, en què encara no es disposa del coneixement. Consegüentment, si els estudiants ens ho permeten, intentarem en el nostre cas d'ensenyament universitari conduir-los pel camí molt més engrescador i difícil d'una instrucció que provoqui significació i descobriment.



Taula 3. Exemples d'assoliments entre el contínuum d'aprenentatge superficial i significatiu i del contínuum d'ensenyament receptiu i per descobriment.

Relacionarem també aquest concepte d'aprenentatge significatiu amb la distinció que hem fet anteriorment entre estudiants que cerquen simplement una tàctica superficial per anar passant els cursos i els que realment busquen entendre profundament els coneixements que van adquirint. Novak [28] va concloure que els estudiants d'alt rendiment eren els que arribaven a les tasques d'aprenentatge amb un marc de coneixements previs ben establert i relacionat amb els materials a aprendre.

1.2.2.4 Enfocament deductiu – inductiu de l'ensenyament i aprenentatge

Així doncs, si ja ens anem centrant en les metodologies actives, les que desencadenaran experiències d'aprenentatges significatius, podem comentar una altra referència de Prince i Felder [29], on s'exposa una definició més concreta dels tipus de docència activa que ens podem plantejar establir a la nostra pràctica docent.

Segur que alguns mètodes són més apropiats per a unes àrees que altres, tot i que al final, mai les coses són blanc o negre, sinó que prevaldrà un cert eclecticisme en els mètodes emprats. Tindrà sentit d'experimentar amb diversos per veure, per exemple, segons les disciplines o els continguts concrets a impartir, quins ens seran més convenients en cada ocasió. Els autors plantegen els enfocaments deductiu-inductiu per clarificar i diferenciar entre la metodologia clàssica i l'activa. Amb els conceptes exposats just anteriorment l'aprenentatge receptiu seria de tipus deductiu i en canvi, l'aprenentatge per descobriment seria de tipus inductiu.

1.- Tradicionalment, la ciència i l'enginyeria s'han ensenyat a través del mètode deductiu. El professor introdueix un tòpic a través dels seus principis generals en una classe magistral i tot seguit, a partir d'aquests principis deriva models matemàtics, il·lustra aplicacions obtingudes a partir dels models, ensenya els estudiants a fer deduccions similars proposant exercicis a realitzar fora de l'aula i finalment verifica l'habilitat dels alumnes per realitzar aquestes mateixes deduccions i aplicacions o similars a través dels exàmens. Inicialment, ben poc temps es dedica a explicar la raó de per què tot això es fa d'aquesta manera (quins fenòmens del món real i quins problemes pràctics poden resoldre els models i per què la matèria que s'explica és important per als estudiants). L'única motivació per aprendre que reben els estudiants és que aquest curs pot ser important per als cursos més avançats o bé per quan estiguin treballant.

Un dels preceptes més àmpliament acceptats en psicologia de l'educació és que les persones estan més motivades si han d'aprendre coses que clarament perceben com a importants i que necessiten conèixer. Això de dir-los simplement que potser algun dia a les seves vides necessitaran el que ara se'ls explica és ben poc efectiu. El que ens interessa és connectar els continguts amb la significativitat psicològica descrita anteriorment per aconseguir la motivació necessària.

2.- Així que una alternativa a començar les classes explicant conceptes generals i continuar amb eventuais aplicacions és arrencar directament la instrucció amb un problema real per a resoldre, un cas per estudiar, un conjunt de dades per interpretar o qualsevol altra aplicació concreta. Es tracta del mètode inductiu d'ensenyament i aprenentatge. A mesura que els estudiants van resolent el problema o les dades es genera una necessitat per cercar la teoria que manca, les normes, els procediments o principis generals. En aquest punt se'ls pot ajudar subministrant-los directament la informació que requereixen, o bé invitant-los a què siguin ells mateixos els que la descobreixin. Aquesta serà la nostra estratègia i proposta als estudiants per a què aprenguin tant els continguts com les competències.

Els autors ens presenten el resum de la Taula 4 que ens serà de gran ajuda per definir i diferenciar conceptes i mètodes relacionats amb l'aprenentatge inductiu, així com per analitzar altra bibliografia sobre el mateix tema.

La instrucció i aprenentatge inductiu no són altra cosa que un terme paraigües que engloba una àmplia varietat de mètodes que tenen força característiques en comú. Són mètodes centrats en l'estudiant, en el sentit que imposen bona part de la responsabilitat de l'aprenentatge en els mateixos alumnes més que no pas fa el mètode deductiu tradicional, basat en les classes; tenen una base constructivista, són

els estudiants que es construeixen la seva pròpia versió de la realitat anant ampliant l'estructura cognitiva interna més que no pas absorbint la que els presenta el professor.

Mètodes d'instrucció →						
Característiques	Investigació	Basat en problemes	Basat en projectes	Estudi de casos	Descobrimint	JITT (<i>Just-in-time teaching</i>)
Qüestions o problemes proporcionen el context per aprendre.	1	2	2	2	2	2
El context per aprendre el proporcionen els problemes complexos extrets del món real, semiestructurats i amb solucions obertes.	4	1	3	2	4	4
El context per aprendre el proporcionen els projectes de gran abast.	4	4	1	3	4	4
El context per aprendre el proporciona l'estudi de casos.	4	4	4	1	4	4
Els estudiants descobreixen el contingut del curs per ells mateixos.	2	2	2	3	1	2
Els estudiants completen i presenten exercicis conceptuals per mitjans electrònics; els professors ajusten les classes segons quines siguin les respostes.	4	4	4	4	4	1
Sobretot aprenentatge autònom o autodirigit.	4	3	3	3	2	4
Aprenentatge actiu.	2	2	2	2	2	2
Aprenentatge col·laboratiu/cooperatiu (basat en grups).	4	3	3	4	4	4
1 – per definició, 2 – sempre, 3 – usualment, 4 – possiblement						

Taula 4. Característiques de les metodologies d'aprenentatge inductiu més comunes [29].

Per a nosaltres és molt interessant remarcar que els autors de la Taula 4 presenten aquest ventall de mètodes com a variacions d'un mateix tema, l'aprenentatge o instrucció per inducció més que per deducció. Reconeixen que cada mètode ha tingut la seva història particular, la seva base de recerca, els seus autors favorables i detractors, els propis textos, fins al punt que s'ha generat força confusió al respecte i, al final de tot plegat, l'únic que ens interessa a nosaltres, més enllà de definicions o particularitats, és determinar quins ens poden ser més adients per al nostre entorn acadèmic, de quins en podem treure més avantatges. En aquest treball desenvoluparem les experiències i el mètode sistemàtic a través de l'ús de l'aprenentatge basat en problemes (PBL), que hem cregut el més convenient tenint en compte que treballarem principalment en assignatures dels primers quadrimestres, en les quals pretendre desenvolupar projectes de certa envergadura és massa agosarat. Lògicament, la complexitat dels problemes que proposarem dependrà del quadrimestre en què l'assignatura estigui ubicada.

Hem de remarcar també que no hi ha un aprenentatge pur exclusivament inductiu o deductiu. Com el propi mètode científic (és interessant recordar que també Dewey el

posa d'exemple per explicar com han d'organitzar-se les seves bones experiències educatives [19]), aprendre implica moure's en ambdós sentits, amb l'estudiant usant observacions per inferir regles i teories (inducció) i després testejar les teories usant-les per deduir conseqüències i aplicacions que es poden verificar experimentalment (deducció). La bona instrucció ajuda els estudiants a aprendre de les dues formes. Així que una vegada més, tal com ja s'ha comentat, cal ser pràctic i, en adoptar mètodes inductius no pretendre eliminar completament les classes magistrals o menystenir l'importantíssim paper del professor, que sempre tindrà el paper de guia i facilitador de l'aprenentatge. Aquesta proposta és especialment vàlida pels estudis de grau que ens ocupen, en els quals creiem que els estudiants no podrien de cap manera afrontar un mètode extrem per descobriment, almenys en els primers quadrimestres.

Per a Kolb i Kolb [32]⁹, que desenvoluparen les teories de Dewey sobre aprenentatge experimental, aprendre és un procés holístic d'adaptació, no solament es tracta d'adquirir coneixements o materials d'estudi, sinó que implica el funcionament integral de la persona: pensar, sentir, percebre i comportar-se. Aprendre inclou processos que van des del mètode científic a la resolució de problemes, la presa de decisions i la creativitat. Aprendre és un cercle o espiral en què per construir el coneixement l'aprenent passa pels quatre contextos representats a la Fig. 5 recursivament, segons quines siguin la situació i la matèria. Kolb afirma que: "l'aprenentatge és el procés en què el coneixement es construeix a través de la transformació d'experiències".

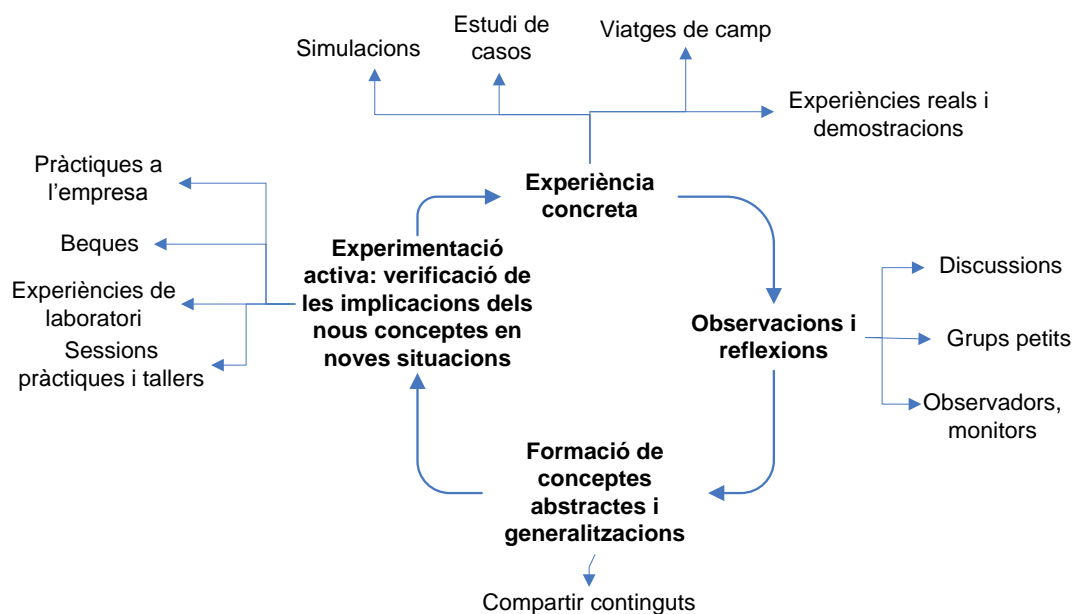


Fig. 5. Cicle d'aprenentatge per experiència proposat per Kolb [32] i estratègies per reforçar-ne els components [22].

En el treball, els autors expliquen que els alumnes que s'han sotmès a un tipus d'aprenentatge basat en experiència entenen més bé els conceptes i aconsegueixen una

⁹ <http://learningfromexperience.com>

millor retenció dels continguts a llarg termini. El professor, en liderar aquestes activitats, assumeix un paper de facilitador encoratjant la participació dels estudiants, provocant un ambient d'aprenentatge de noves conductes i emfasitzant tant el contingut com el procés en què s'ha après. Un punt en què coincidim plenament a través de les experiències que hem dut a terme: el procés o seqüència d'activitats que planifiquem per a que aprenguin el contingut és determinant. El seu model d'aprenentatge permet al docent dissenyar situacions d'aprenentatge força diverses. La Fig. 5 també inclou estratègies d'exemple adients per treballar cadascun dels quatre punts del model. Una bona referència que ofereix un bon repertori de bones pràctiques és aquesta [4]. Caldrà estructurar el curs –o els estudis en general– per encabir els quatre components i, a nivell de les classes, aquests components es poden incloure en les unitats o lliçons. Finalment, per crear bones pràctiques, els autors ens indiquen que cal considerar aquests set passos i, efectivament, no hi podríem estar més d'acord:

- 1) Habilitat per fer front a noves situacions i problemes
- 2) Èmfasi en ambdós aspectes: teoria i pràctica
- 3) Oportunitat per a tenir una experiència directa de gestió
- 4) Mètodes d'avaluació rellevants i fiables
- 5) *Feedback* efectiu
- 6) Possibilitat d'aprendre per si mateix
- 7) Reflexió i integració com a pas final per a l'adquisició de competència.

Finalment, ens convé lligar l'anterior relació de mètodes actius amb la Fig. 6 proposada també per Kolb i Kolb [32], que inclou també els ventalls d'activitats passives relacionades amb la classe convencional i amb el rol que adopta l'alumne, per així copsar el panorama complet de possibilitats a l'hora de preparar experiències centrades en l'estudiant.

1.2.2.5 Aprendre i avaluar competències genèriques

Si anem més enllà dels continguts i ens fixem en les competències genèriques que ara necessàriament ens han d'acompanyar, i que podem considerar perfectament sense fer distincions com a nous continguts, veurem que haurem de prendre decisions importants a l'aula. Les escoles amb el suport de l'ICE [156] han posat en marxa plans d'estudi pilots i formació específica per als docents amb moltes iniciatives per tractar de fer recerca i divulgar els conceptes relacionats amb les competències i altres innovacions similars ([5] i [52]). Pel que fa a la UPC no s'ha avançat tant i, per exemple, si ens fixem en aquesta normativa acadèmica dels estudis de grau [40], en el punt 4.3 sobre l'assoliment de les competències genèriques tan sols s'especifica amb detall la competència en tercera llengua. Pel que fa a la resta, simplement s'indica que:

“Les competències genèriques s'han de desenvolupar i avaluar al llarg del procés formatiu, bé integrant-les en diverses assignatures, constituint itineraris competencials o bé com a assignatures específiques. Els itineraris competencials es configuren assignant una competència determinada a un conjunt d'assignatures corresponents a diferents cursos

del pla d'estudis, en les quals es desenvolupen activitats dissenyades expressament per assolir aquesta competència. Si s'opta per configurar itineraris competencials, cal graduar les competències genèriques en diversos nivells d'assoliment al llarg de la titulació."

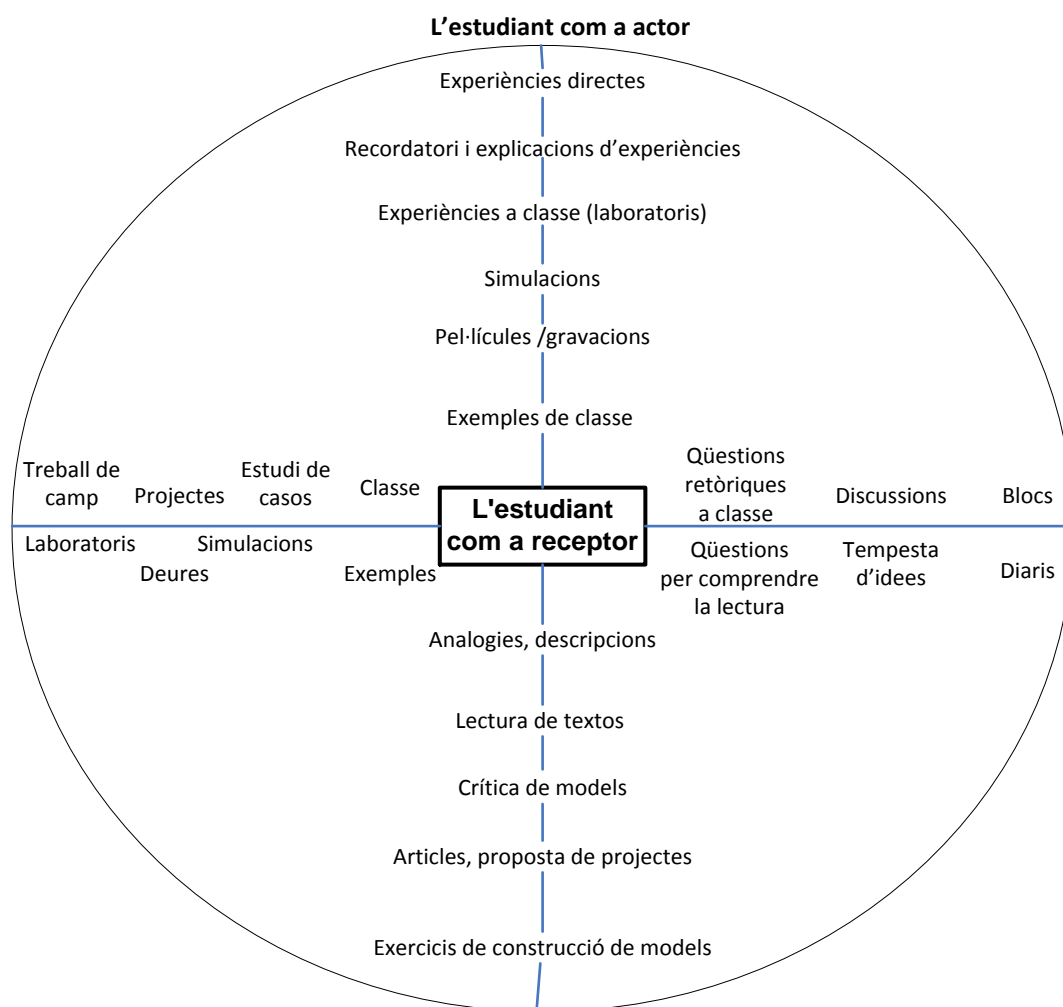


Fig. 6. Grau d'implicació de l'alumne per diverses metodologies d'ensenyament [32].
Conjunt d'activitats i mètodes que podem fer servir per situar l'estudiant com a actor.

Així, cada escola procedirà com cregui convenient i l'enfocament que se'ls doni pot resultar ben divers. La nostra tesi, i d'aquesta manera ho defensarem, és que el desenvolupament –i l'avaluació– de competències és una altra raó fonamental per implementar una transformació substancial de les dinàmiques tradicionals a l'aula. Nosaltres proposem el paradigma de l'aprenentatge actiu per resoldre el problema, ja que el model tradicional deductiu és clarament deficitari i quedaria descartat per afrontar els reptes plantejats. En canvi, sí que proposem l'efectivitat del conjunt de mètodes inductius (Taula 4) pel que fa al desplegament que ara ens toca fer de competències genèriques.

El concepte de competència es pot definir com “capacitat de respondre amb èxit a les exigències personals i socials que ens planteja una activitat o tasca qualsevol en el context de l'exercici professional” [39]. Es tracta d'una combinació d'atributs,

habilitats, actituds i coneixements professionals. I en aquest sentit, els resultats de l'aprenentatge reflectiran què sap l'estudiant i què és capaç de fer quan acabi els estudis. El quadre de la Taula 5 detalla les tres vessants d'una competència [10].

SABER (Coneixements, enfocaments, teories, ...)	<ul style="list-style-type: none"> - Conceptes, tipologies, teories. - Comprendre els fonaments del camp professional. - Identificar, conèixer... - Entendre fenòmens com a propis o des del punt de vista del seu camp. - Establir relacions rellevants amb...
SABER FER (Habilitats)	<ul style="list-style-type: none"> - Saber aplicar, adaptar, imaginar processos pràctics. - Habilitat per al disseny d'activitats... - Habilitat en la resolució de tasques, de processos. - Habilitats comunicatives. - Treballar amb els altres. - Treballar en entorns diversos. - Resoldre en condicions, espais i temps precisos.
SER (Actituds)	<ul style="list-style-type: none"> - Sentit ètic. - Compromís amb el rol exercit. - Valoració de les situacions diferencials. - Pensament holístic. - Assertivitat. - Creativitat. - Sentit de la planificació, del temps.

Taula 5. Dimensions d'una competència formativa i modalitats de concreció.

De totes maneres, la bibliografia no és unànime, i el volum de terminologia que es refereix a conceptes similars és molt gran, si a més hi afegim la terminologia anglosaxona: *skills, learning skills, generic skills, common skills, capabilities, competency, attributes, learning outcomes, core skills, transferrable skills, employment-related skills*, etc. Sembla que finalment hi ha acord a parlar de les competències genèriques (instrumentals, interpersonals i sistèmiques) i de les específiques relacionades amb les disciplines concretes, tal com va proposar el projecte *Tuning* en funcionament des de 2003 [34], un projecte institucional europeu relacionat amb els criteris ABET nord-americans ([35], [36] i [37]). Com s'ha descrit anteriorment a la Taula 1, la UPC [38], més que no pas tractar de desplegar i treballar a partir de la llista exhaustiva de la Taula 6, com sembla que sí que ha dut a terme per exemple la Universitat de Deusto [33], va determinar set competències genèriques comunes al conjunt dels seus estudis.

INSTRUMENTALS	Capacitat per a l'anàlisi i la síntesi. Capacitat per organitzar i planificar. Coneixements generals bàsics. Saber fonamentar el coneixement bàsic de la professió. Comunicació oral i escrita en la pròpia llengua d'origen. Coneixement d'una segona llengua. Habilitats informàtiques bàsiques. Habilitats per a la gestió de la informació (capacitat per a seleccionar i analitzar informació provinent d'altres fonts). Resolució de problemes. Presa de decisions.
----------------------	---

INTERPERSONALS	Capacitat de crítica i autocrítica. Treballar en equip. Habilitats interpersonals. Capacitat de treballar en un equip interdisciplinari. Capacitat de comunicar-se amb experts d'altres camps. Apreciar la diversitat i la multiculturalitat. Compromís ètic.
SISTÈMIQUES	Capacitat per aplicar el coneixement a la pràctica. Habilitats d'investigació. Capacitat d'aprendre. Capacitat d'adaptar-se a noves situacions. Capacitat de generar noves idees (creativitat). Lideratge. Comprendre les cultures i hàbits d'altres països. Capacitat per treballar amb autonomia. Dissenyar projectes i gestionar-los. Esperit d'iniciativa i emprenedoria. Preocupació per la qualitat. Voluntat de tenir èxit.

Taula 6. Classificació de les competències genèriques a partir del projecte *Tuning* [34].

Pel que fa al nostre treball, en tindrem prou de moment a practicar les competències, concretament les que ens han assignat a les matèries en les quals hem experimentat. La nostra tesi és que el treball continuat de l'estudiant desenvolupant les seves activitats en el marc del mètode sistemàtic d'instrucció que proposem serà suficient per demostrar-ne la competència. Les evidències d'aprenentatge que obtindrem demostraran fins a quin punt són competents.

La revisió bibliogràfica ([44] i [45]) i la nostra experiència acumulada ens indiquen que l'avaluació explícita de les competències genèriques, si és que realment ha de ser necessària, perquè hi ha molta controvèrsia al respecte, seria el propòsit d'un altre treball més avançat, ja que no és de cap manera una tasca senzilla [46].

1.2.2.6 L'aprenentatge autònom

D'entre totes les competències genèriques n'hi ha una que té molta transcendència, afirmariem que és la més important: l'aprenentatge autònom. En aquesta introducció cal reflexionar-hi breument perquè ha donat forma a molts dels materials produïts, a la preparació de les activitats i a la planificació dels cursos que proposem en aquest treball.

Fixem-nos per exemple en la proposta que fa Rué ([10] i sobretot a [41]) sobre l'aprenentatge autònom representada a la Fig. 7, en què considera els factors que intervenen per desplegar-lo.

Evidentment, només llegint els paràmetres mostrats a la Fig. 7, ja s'intueix que si es pretén que l'estudiant assoleixi aquesta competència, es tractarà de dissenyar cursos en els quals es desplegui l'aprenentatge actiu, significatiu i inductiu. Bàsicament, com escriu Rué, les experiències a dissenyar han d'inscriure's sota aquests quatre requisits:

- Tenir l'oportunitat de relacionar propòsits i evidències de resultats, amb accés a les formes de registre i recollida d'aquestes evidències.
- Disposar de recursos estratègics per a treballar.

- Tenir l'oportunitat d'aplicar-ho a situacions reals, contextualitzades, que a la vegada representin alguna mena de repte. I també poder fer-ho en col·laboració amb altres, en situacions d'aprenentatge cooperatiu.
- Accés a alguna mena de recolzament especialitzat.

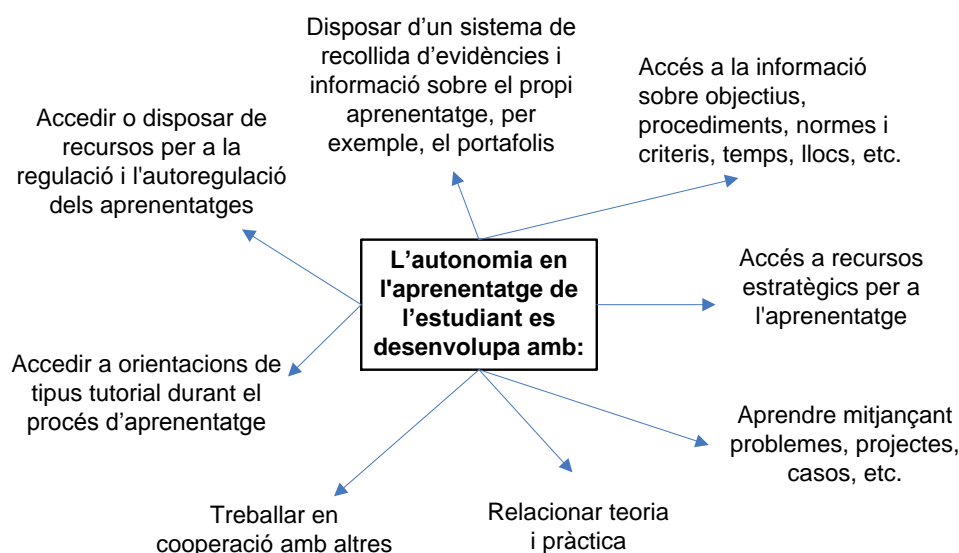


Fig. 7. Com es pot desenvolupar l'autonomia en l'aprenentatge.

Rué [41], a l'hora de definir què s'entén per aprenentatge autònom, també un terme genèric amb molta terminologia que a més es barreja amb la que trobem a la literatura anglosaxona, fa la distinció entre *aprenentatge independent*: autodidacta, propi d'algú que vol aprendre alguna cosa pel seu compte; i *aprenentatge autònom*: la capacitat de dotar-se un mateix de les regles, de les normes per a l'aprenentatge, en funció dels diversos nivells d'exigència, sense eludir la responsabilitat de rendir comptes dels seus processos i resultats, tal com es dona en entorns formals amb professor, pla d'estudis, temps d'execució, etc. És a dir:

“Les intervencions docents que pretenguin promoure experiències formatives en què predomini la reflexió entre estudiants, l'elaboració pròpia de coneixements a partir dels continguts proporcionats, hauran d'incloure no sols el tipus de propostes a realitzar sinó també els temps i els modes en la presentació d'activitats, seguir el procés del seu desenvolupament i establir els criteris d'avaluació, considerant que en tots els passos d'aquest procés es proporcioni l'autonomia d'aprenentatge necessària i l'enforteixin.”

Una vegada més, pretendre desplegar aquesta competència que, si es vol anomenar d'una altra manera més cridanera, es tractaria del famós “aprendre a aprendre” que tanta controvèrsia suscita, representa replantejar-se noves metodologies i tècniques força allunyades de la pràctica habitual. Sense cap dubte, facilitarem “l'aprenentatge al llarg de tota la vida”¹⁰ dels nostres professionals, un objectiu que genera tanta atenció i esmerça tants recursos.

¹⁰ <http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-programme/>

1.2.3 Docència a diferents nivells segons els professors

Finalment farem referència una altra vegada a Biggs [11] per mostrar que com a docents ens és convenient o fins i tot obligatori ubicar-nos en algun dels nivells en què volem plantejar-nos la docència i l'aprenentatge per organitzar amb garanties el nostre treball. En qui volem posar èmfasi, en l'estudiant o bé en el professor? Quines expectatives tenim pel que fa als estudiants? Què n'esperem, d'ells? Quina ha de ser la seva responsabilitat? Què implica doncs des de la nostra posició de docents l'aprenentatge centrat en l'estudiant? D'alguna manera el quadre de la Taula 7 determinarà l'acceptació i el desenvolupament d'una metodologia docent i d'aprenentatge d'entre les possibles descrites anteriorment.

Nivell	Èmfasi	Descripció	Valor
1r	Què és l'estudiant	No és responsabilitat del professor. El focus està posat en què és l'estudiant. La responsabilitat del professor és conèixer perfectament la matèria i exposar-la clarament. A partir d'aquí ja és tot feina dels estudiants. Si aquests no aprenen és a causa d'alguna mancança i han d'espavilar-se ells mateixos.	Models deficitaris
2n	Què fa el professor	Veure la docència com una actuació. Aquesta és la base de gran part de l'avaluació institucional a què està sotmesa la docència. El focus està posat en què és el que fa el professor. Un professor que treballa en aquest segon nivell pretén assolir un conjunt d'habilitats que li permetin resoldre la docència sense problemes i de retruc li permetin assolir bones valoracions. De totes formes, aquest és un model defectuós, tota la "culpa" recau en el professor i en la seva forma d'actuar. Biggs explica que "el focus no hauria d'estar posat en les habilitats del professor, sinó en comprovar si el desplegament d'aquestes habilitats té l'efecte desitjat en l'aprenentatge assolit per l'estudiantat". Per això acaba descrivint sota el que seria el tercer nivell desitjable.	Models deficitaris
3r	Què fa l'estudiant	L'èmfasi de la docència està centrat en aprendre a partir d'activitats apropiades. El focus està posat en què és el que l'estudiant fa i amb quina qualitat ho fa. Aquest tercer nivell veu el professor (i els companys) com un ajudant, com un guia que està tota l'estona donant suport a l'aprenentatge (el bastiment per ampliar la ZDP). Es reconeix que l'aprenentatge sols és efectiu –significatiu– si s'aconsegueix fer participar activament l'estudiant en les activitats. La missió del professor, amb l'ajuda de bastantes habilitats del segon nivell, és crear un cercle d'activitats a través de les quals l'estudiant motivat no pugui escapar-se sense haver après [15].	Models d'aprenentatge actiu lligats al concepte d'alineament constructiu (vegeu la Fig. 8)
4t	Com l'estudiant organitza i estructura el que fa	L'objectiu més ambiciós de l'educació universitària és permetre que l'estudiant prengui el control del seu propi aprenentatge. El focus està en com l'estudiant pot organitzar-se, primer usant entorns creats pel professor, però després negociant o bé directament establint el seu propi entorn. Aquest nivell lliga amb el concepte d'estudiant independent i autònom o que "ha après a aprendre". És clar que no es pot anar directament del nivell 1 o 2 al nivell 4, cal necessàriament haver experimentat el tercer nivell en diverses ocasions.	Models d'aprenentatge actiu lligats al concepte d'alineament constructiu (vegeu la Fig. 8)

Taula 7. Els 4 models en què és possible definir la visió de la docència segons Biggs [11]. Veiem que el quart nivell descrit a la taula correspondria a les definicions anteriors d'aprenentatge autònom.

Una docència del tercer o quart nivell implica també considerar el concepte d'alineament constructiu [11] entre objectius, mètodes i resultats, tal com mostra la Fig. 8. El terme alineament significa que tots els factors que estan sota el control del docent són consistents amb els objectius, que han estat redactats pensant en què es pretén que aprenguin els estudiants (i no pas en què expliqui el professor a l'aula, per exemple). No pot ser d'altra manera: el mètode instruccional, les activitats del curs i la forma en què s'avaluaran han estat específicament dissenyades per assolir els objectius, havent-se rebutjat els mètodes, activitats i esquemes d'avaluació que vagin en contra de la consecució dels objectius. El terme *constructiu* remarca el fet que el mètode instruccional escollit s'adhereix als principis del constructivisme, els quals mantenen que el coneixement és construït per l'estudiant, més que no pas transmès pel professor i absorbit per l'estudiant. Així doncs, la tasca del professor serà la de crear les condicions per tal que l'estudiant es pugui construir representacions ben precises dels conceptes que cal estudiar.

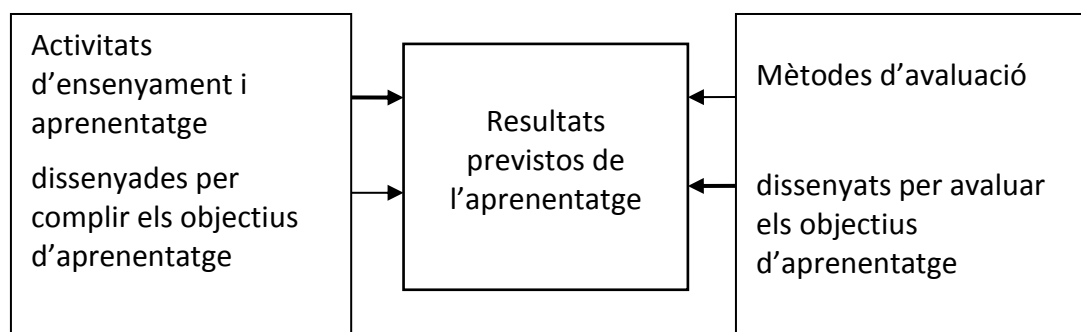


Fig. 8. Concepte d'alineament constructiu entre els objectius, les activitats i els sistemes d'avaluació.

Aquesta tesi i els seus resultats poden ser d'interès per als professors que optin per una concepció de la docència a nivells 3 o 4, on l'èmfasi se situa en què fa l'estudiant. I no cal dir una altra vegada que aquest alineament constructiu, i més tenint en compte les competències genèriques que hem de promoure ineluctablement a través dels nostres cursos, precisa l'adopció de metodologies d'aprenentatge i instrucció actives.

La bibliografia, els articles de recerca i altres materials a disposició de la comunitat docent, així com el resum exposat en aquest treball, posen de manifest la validesa dels nous paradigmes que en el fons han inspirat l'EEES. De manera que, una vegada revisada la "teoria", sols ens quedarà la part més difícil, la que ha comportat sempre més resistència i que sens dubte representa tot un repte: aplicar tot aquest coneixement teòric a matèries concretes com les de la nostra àrea, de forma que, tal com s'ha comentat, en resulti un mètode sistemàtic i fàcil d'implementar. Aquesta és precisament una de les demandes de la nostra comunitat, volem exemples concrets que funcionin. Tots diem que una cosa són les grans teories, que en principi assumim que poden tenir validesa i estar perfectament documentades, i un altra de molt diferent és aplicar-les a exemples concrets, al nostre dia a dia, amb totes les limitacions que tenim, amb un objectiu simple i tangible com per exemple el d'obtenir un millor rendiment acadèmic, o amb altres de més ambiciosos com

aconseguir que els estudiants siguin capaços d'aprendre amb autonomia o de treballar en grups per realitzar projectes de major envergadura. Ara en tenim l'oportunitat i també la metodologia científica per dur a terme el treball.

1.3 L'oportunitat d'aquest treball i metodologia de la recerca

Un professor que situa la seva pràctica docent al que hem anomenat 3r nivell i comença a organitzar activitats i a experimentar en metodologies alternatives a la tradicional per tractar d'observar què fan els estudiants, passa a moure's en un nou domini conceptual, en un marc teòric i de pràctica docent que el converteix en el que s'anomena un *professional reflexiu*. Tal com representa la Fig. 9, es genera un procés cíclic: el professor observa què fan i què produeixen els estudiants, i ho relaciona amb el que proposa ell mateix a les classes. De la reflexió continuada, la seva experiència, el coneixement de la matèria i la teoria docent, aconsegueix solucionar problemes a l'aula i alinear constructivament objectius i resultats. I, consegüentment, en resulta un enriquiment no sols de la pràctica docent sinó també de les seves concepcions teòriques sobre la docència. En definitiva, s'entra en una espiral de recerca en docència.

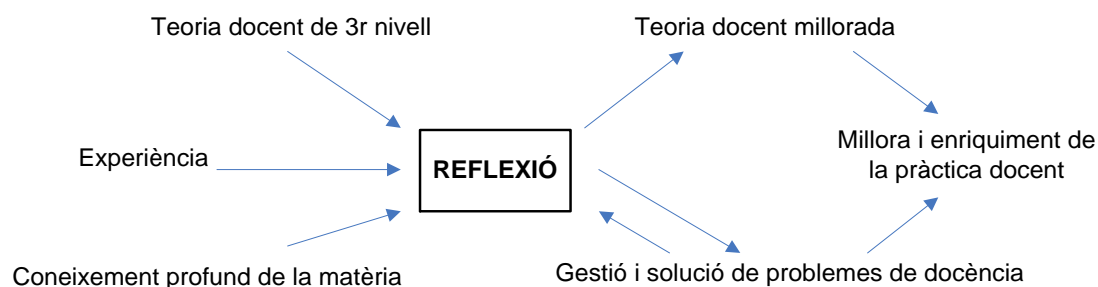


Fig. 9. Teoria i pràctica reflexiva en la docència [11].

Biggs i altres autors d'aprenentatge per experiència [47] emmarquen aquest professor reflexiu en el context que anomenen *aprenentatge-acció* (*action learning*) que li permetrà desenvolupar recerca en la seva pràctica docent segons el cicle representat a la Fig. 10 per tal de resoldre problemes des de la perspectiva "d'allò que fa l'estudiant" i de la docència de tercer nivell.

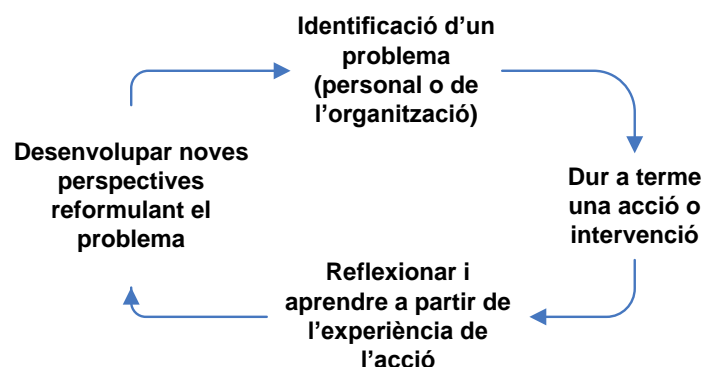


Fig. 10. El cicle d'aprenentatge-acció segons la referència [47].

Precisament, el problema que vol contribuir a resoldre aquesta tesi: cercar una metodologia docent que resulti més efectiva que la tradicional per aprendre competències genèriques i coneixements de tecnologia electrònica a nivell d'enginyeria, es pot investigar fent recerca en docència amb la metodologia que ofereix la investigació-acció (*action research*). En ser el doctorand un docent en actiu a la universitat s'ha aprofitat l'oportunitat de dur a terme un treball d'aquest tipus.

El marc teòric i les metodologies de la investigació-acció [48] són idònies per plantejar-nos l'objectiu de millorar la pròpia pràctica docent com a resultat de la recerca. Carr i Kemmis [49] la defineixen com una forma de recerca autoreflexiva sobre la pròpia tasca docent duta a terme pels mateixos docents per tal de millorar-la des de qualsevol punt de vista en què s'hagin observat situacions problemàtiques a resoldre:

“La investigació-acció és, senzillament, una forma d'indagació autoreflexiva que emprenen els participants en situacions socials amb vista a millorar la racionalitat i la justícia de les seves pràctiques, la comprensió d'aquestes pràctiques i de les situacions en què es produeixen. En l'àmbit de l'educació, la investigació-acció s'ha usat per estudiar el desenvolupament curricular, el desenvolupament professional, la planificació de sistemes, la millora de programes d'ensenyament i l'aplicació de polítiques.” ([49], pàg. 162)

El més important de la investigació-acció és que inclou ambdues vessants, la recerca i l'acció per aconseguir millorar la pràctica docent. Així que no es tracta ben bé de fer sols “pràctica”, és a dir, fer classe de la forma i amb els recursos habituals, comptant sols amb els pensaments i les accions que ocorren en la quotidianitat (diguem-ne docència del 1r i 2n nivells), en el fons tenim clar que si fem recerca sobre la nostra pràctica possiblement trobarem solucions millors als problemes plantejats. D'alguna manera, el mestre o professor en lloc de tenir un ofici rutinari, esdevindrà un investigador en actiu en el seu propi lloc de treball. La recerca en educació, una matèria reservada als especialistes, ara podrà ser duta a terme també per professors reflexius, és a dir, que entrin a l'espiral de la Fig. 9. Com explica Bartolomé [50] quedaria salvat l'abisme que hi ha entre els qui realitzaven la investigació científica en educació i els qui treballaven a les escoles, que fins llavors, sols havien “d'aplicar” els models “inventats” per científics i tècnics.

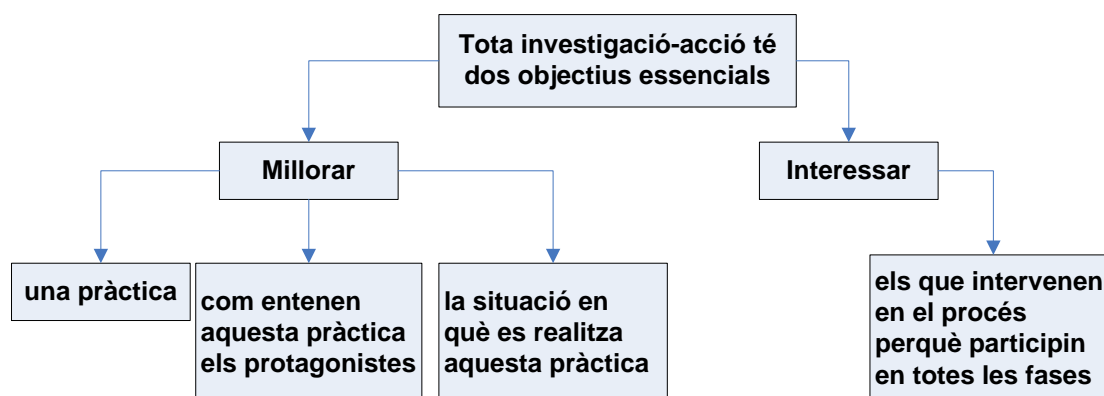


Fig. 11. Objectius de la investigació-acció [50].

L'objectiu que es persegueix és tractar de resoldre un problema que s'ha produït en el context universitari, usant metodologia científica pròpia de la recerca educativa. I val a dir que en aquesta coexisteixen actualment fins a tres paradigmes o aproximacions a la realitat educativa [51]: 1) la filosofia positivista –o racionalista-quantitativa–, 2) el corrent interpretatiu –o naturalista o qualitatiu– i 3) la teoria crítica (que és una variació de l'anterior). Actualment ha sorgit un quart paradigma anomenat *del canvi* o *emergent* que pretén conjugar les qualitats dels anteriors i arribar a una síntesi entre els mètodes quantitius i qualitatius.

La investigació-acció és un mètode en què l'investigador també participa. Es tracta de combinar el coneixement teòric i el coneixement d'un context determinat, com ara, en el nostre cas, és l'entorn docent universitari. El món de l'educació superior, i més ara en el marc del desenvolupament de l'EEES, és un context social favorable per desenvolupar projectes d'investigació-acció perquè:

- L'investigador hi està involucrat activament i els resultats de la recerca el beneficiaran tant com a la institució.
- El coneixement generat per la recerca es pot aplicar immediatament, no es veu pas com un coneixement aliè del qual l'investigador se'n pot desentendre, sinó que aquest desitjarà usar el nou coneixement que ha obtingut a partir de l'experimentació per millorar la seva tasca habitual, la docència en aquest cas.
- La metodologia de recerca i experimentació que es proposa és un procés cíclic, una espiral d'espores com la representada a la Fig. 12 que inclou planificar, actuar, observar i reflexionar, i amb totes aquestes activitats interrelacionades sistemàticament i autocríticament. Generalment, desplegarem l'espiral a través de la successió de cursos en què podrem actuar novament amb accions millorades.

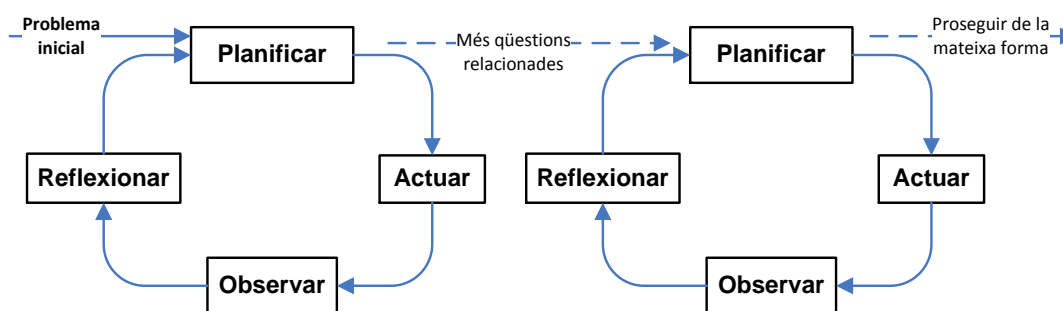


Fig. 12. El procés sense fi de la investigació-acció plantejat com una espiral de cicles.

La característica més destacable d'aquest mètode de recerca és que els resultats són vàlids mentre siguin rellevants per als professionals que han participat en el procés. La investigació-acció a l'aula és el que es proposa en aquest treball. Es durà a terme pel doctorand en tant que part implicada en el procés d'ensenyament-aprenentatge, ja que en la seva labor professional ha detectat un seguit de problemes en la forma en què s'imparteix la docència universitària tradicionalment, o bé, ha comprovat que els nous paràmetres aportats per l'EEES no casen bé amb la metodologia tradicional i cal fer alguna cosa, de fet, cal investigar com modificarem la nostra forma de treballar i organitzar la docència per compatibilitzar-la amb els nous objectius i requeriments que s'han atorgat a l'ensenyament superior.

El docent exerceix el doble rol d'investigador i de participant en la investigació. Aquest escull els seus objectius i duu a terme una investigació-acció perquè vol canviar alguna cosa que és important per a ell. Aquesta recerca es duu a terme en un context específic, un subgrup d'una assignatura per exemple durant tot un quadrimestre, i durant l'experiència, l'investigador treballa amb els seus col·legues intercanviant informació, resultats i reflexions. En el nostre cas, a més dels altres professors de les assignatures, hem comptat amb la col·laboració de grups d'innovació docent organitzats al voltant de l'ICE – RIMA [52] impulsats per inquietuds semblants.

El procediment genèric per conduir una investigació-acció s'estableix en un seguit de nivells (vegeu la Fig. 12):

- 1) Escollim el problema que volem canviar o solucionar. Delimitar aquest problema no és una tasca senzilla i requereix temps i sobretot experiència. En aquest cas, com que coneixem el context de l'ensenyament tradicional i tenim molta experiència en què dóna de si, el confrontem amb el coneixement teòric aportat per l'EEES. Per exemple: *si continuem fent classe amb la dinàmica de sempre, no serà possible desplegar competències genèriques*. Llavors, ja tenim no pas un problema per resoldre sinó molts, i en certa manera concrets i diferents: *Com assolir que els estudiants aprenguin a treballar en grup? Com aconseguir que siguin competents de forma escrita i oral? Com desplegar l'ensenyament de l'anglès?*, etc.
- 2) Revisió de la bibliografia per cercar possibles situacions anàlogues als nostres problemes i maneres viables d'afrontar la solució. Evidentment, filtrarem i analitzarem solament les situacions que més s'ajustin al nostre entorn d'experimentació. Bibliografia sobre experiències en l'ensenyament superior millor que sobre primària, o en ensenyaments tècnics millor que en humanístics. Tot i que no descartarem res a priori, sense analitzar-ho, ja que les bones idees sobre com enfocar el problema poden venir de llocs diferents, el panorama és molt transversal.
- 3) Plantegem la pregunta que pretenem respondre a través de la investigació-acció. Per exemple: *Quina estratègia usarem per a desenvolupar el treball en grup entre els estudiants?*
- 4) Tot seguit enunciem la hipòtesi o la temptativa de resposta. Per exemple: *Observant el context actual, no es desenvolupa aquesta competència, l'ensenyament tradicional està centrat exclusivament en els coneixements apresos i examinats individualment*. La bibliografia corrobora les nostres assumpcions i, a més, ens aporta una estratègia a seguir: *si despleguem tècniques d'aprenentatge cooperatiu per aprendre continguts específics en el nostre curs assolirem l'èxit en el desenvolupament d'aquesta competència*.
- 5) Determinem el procediment per dur a terme l'experiència i recollir resultats. Per exemple: *participarà en l'experiència durant un quadrimestre el grup de classe del professor coordinador mitjançant la formació de grups cooperatius base de tres estudiants*, etc.
- 6) És clar que la mostra ha de ser representativa i s'han de recollir evidències significatives i que permetin la comparació, com ara: reflexions del professor,

que observa atentament com es duu a terme l'experiment, enquestes als estudiants sobre què els sembla la nova organització, rendiment acadèmic i qualitat dels treballs realitzats, aportacions d'altres professors que hem invitat a observar les classes, etc.

- 7) Els instruments de mesura i d'avaluació han de dissenyar-se amb cura, i si és possible adaptant documents provats per altres professionals i que hem examinat a la bibliografia. Així facilitarem l'obtenció de dades pertinents i significatives per resoldre el problema que tenim entre mans.
- 8) Recollim les dades, analitzem els resultats i traiem conclusions. És bàsic en aquest punt que l'investigador presenti i intercanviï la informació i les descobertes amb els seus companys i altres professionals.

A partir d'aquest punt, s'obtenen conclusions que de ben segur seran vàlides en el sentit que modificaran la pràctica docent no solament de l'investigador sinó possiblement de tots els que imparteixen la mateixa matèria. Per exemple: el treball cooperatiu ha permès demostrar que s'aprenen tant els coneixements com la competència genèrica del treball en grup, al mateix temps que els estudiants accepten de bon grat treballar amb aquesta nova organització de les activitats dins i fora de l'aula.

A més, es generen fàcilment nous problemes i noves preguntes i hipòtesis per continuar avançant i transformant el dia a dia de la tasca docent. Per exemple: *Com s'ha de desplegar el treball en grup amb estudiants que treballen o tenen fortes limitacions horàries perquè s'integrin en grups convencionals? Com podem millorar l'avaluació individual tenint en compte que gran part de les activitats són grupals?*

Val a dir que la revisió bibliogràfica ens indica que la tècnica d'investigació-acció ja és força coneguda en àmbits d'enginyeria [53]. I també, per exemple, l'Open University anglesa [54] planteja precisament l'esquema de la Fig. 13 per als seus professors, donant entenent la necessitat que els professionals adoptin rols que vagin més enllà del de simples transmissors, que esdevinguin bons professors reflexius analitzant sistemàticament la pròpia tasca docent.

D'alguna manera, la investigació-acció ha esdevingut la base teòrica a partir de la qual es poden encabir moltes de les experiències dutes a terme en aquest treball. El més sorprenent ha estat comprovar que tot i que la teoria sobre la investigació-acció no l'hem estudiat fins molt després d'haver començat a realitzar experiències per reflexionar i transformar la nostra docència, la majoria es podrien reescriure i replantejar seguint els procediments de la investigació-acció. Hem intentat dur a terme un treball de rigor científic segons aquest paradigma, especialment validat per nosaltres mateixos ja que n'hem sigut part activa, per canviar el nostre entorn de treball, intentant fer-lo més adequat per assolir els plantejaments de l'EEES a través de l'ús extensiu de bibliografia i múltiples experiències a l'aula. I tal com es comprovarà, d'un problema inicial i una possible solució, hem intentat constantment atacar nous reptes, ja que no hi ha punt final en l'interès de millora contínua. Els resultats ens han permès d'establir una metodologia alternativa d'impartir docència a nivell de grau que ha estat assimilada i incorporada a la pràctica quotidiana i que

efectivament compleix les noves exigències de qualitat i de desplegament de competències.

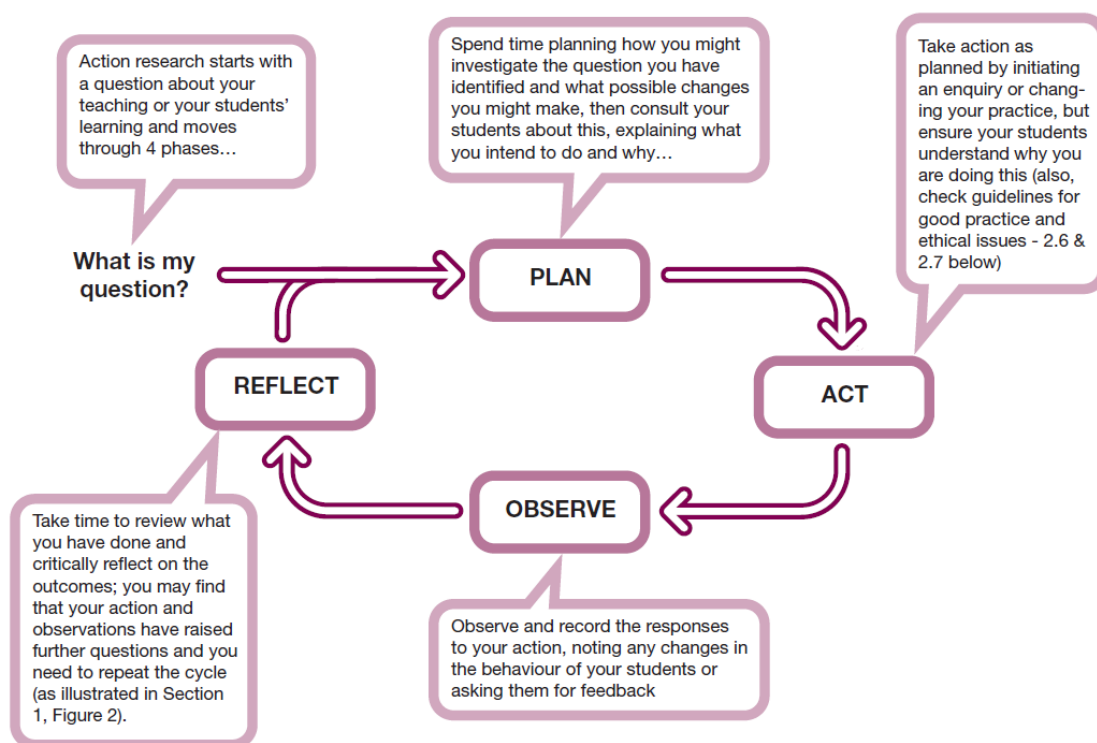


Fig. 13. El plantejament d'investigació-acció proposat per l'OU per als professors [54].

Tanmateix, queda per veure si aquesta nova manera d'afrontar la docència (o la d'altres experiències d'èxit similars dutes a terme per altres companys) s'escamparà com una taca d'oli per les altres assignatures i arribarà a suposar un canvi de cultura acadèmica de la institució, en aquest cas l'EETAC, o fins i tot la pròpia UPC. Impulsar i difondre innovacions no és una tasca senzilla, està ben documentat [55] que, ben al contrari, resulta extraordinàriament difícil. A nivell institucional, les dificultats que cal afrontar són moltes: la resistència dels centres al canvi; la manca de temps dels professors i altres col·lectius per dedicar-se a la recerca o innovació educativa; els hàbits de comunicació interpersonal; el suport tècnic que pot oferir la pròpia institució i la valoració que fa de la recerca educativa, etc.

1.4 L'ensenyament de la tecnologia electrònica

No podem acabar aquest capítol introductori sense analitzar els continguts específics. La transversalitat de les propostes i solucions presentades és molt gran, però al final hem de focalitzar-nos en la nostra àrea, la tecnologia i enginyeria electrònica. Podem fer una recerca bibliogràfica per veure què inclou un temari típic d'aquesta àrea d'enginyeria de les TIC d'aquest primer terç del segle XXI. Evidentment, hi ha desenes de referències i més si ampliem la revisió a altres universitats i altres països. Més que la quantitat de material a cobrir queda clar que el punt clau és l'orientació que volem donar al contingut que escollim, tenint en compte que no podrem impartir-ho tot.

Val a dir que no es pot fer una tria gaire personal tampoc, ja que els continguts curriculars venen determinats per les lleis, l'organització dels estudis i la distribució de la matèria en assignatures que ha proposat cada universitat.

L'EETAC va proposar distribuir els continguts en tecnologia electrònica del pla d'estudis 2000 d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicació en els tres primers quadrimestres segons s'observa a la Taula 8. En vermell, l'assignatura ED en què s'ha aplicat amb més detall la metodologia docent proposada en aquesta tesi. A la Taula 9 s'observen els estudis equivalent de grau, i en vermell l'assignatura CSD a la qual s'ha bolcat gran part de l'experiència d'ED.

1A	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL
	3	1	0	4	2	0	3	0	1	2	0	2	2	0	2	1	0	2
	Fonaments Matemàtics I			Fonaments Físics			Introducció als Computadors			Components i Circuits			Introducció a l'Enginyeria			Tècniques de Comunicació Oral i Escrita		
1B	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL
	3	1	0	2	1	1	2	2	0	3	1	0	2	0	3	1	0	3
	Fonaments Matemàtics II			Probabilitat i Estadística			Sistemes Lineals			Electrònica Digital			Laboratori d'Electrònica			Laboratori de Programació		
2A	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL			
	2	0	2	2	0	2	3	1	0	3	1	2	1	0	2			
Telemàtica	Sistemes Operatius			Sistemes Electrònics Digitals			Fonaments de Comunicacions			Fonaments de Telemàtica			Laboratori de Transmissió de Dades			Lliure Elecció		
Sistemes de telecomunicació	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL	HT	HA	HL			
	4	2	0	2	0	2	3	1	0	2	1	0	2	0	2			
2A	Teoria Electro-magnètica dels Sistemes de Comunicació			Sistemes Electrònics			Fonaments de Comunicacions			Processat Digital del Senyal			Sistemes de Radiofreqüència i Òptics			Lliure elecció		

Taula 8. Els primers tres quadrimestres del pla d'estudis d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, Telemàtica. Publicat al BOE de 4 d'octubre de 2000.

La idea bàsica que ha anat prevalent fins ara a les escoles d'enginyeria, especialment en l'ensenyament de l'electrònica, és un ensenyament de tipus deductiu, presentat sempre a partir de les concepcions generals, les descripcions dels dispositius electrònics i acabant amb exemples pràctics, tot i que moltíssimes vegades es tracta d'exemples de caire acadèmic, preparats per demostrar algunes de les teories que s'han estudiat amb muntatges pràctics de laboratori.

En tot cas, l'aprenentatge actiu, l'aprendre fent projectes o dissenyant prototips, l'aprenentatge en mans dels estudiants, es deixava sempre cap als cursos avançats o optatius dels últims nivells o bé directament en el projecte de fi de carrera. La tradició ha estat que durant moltes assignatures el que s'ha fet és estudiar la teoria

amb profunditat, amb molta especialització, però al final, sols hi havia temps per aplicar-la en casos molt simples, reduïts, o acadèmics. Sense gaire visió d'usar aplicacions pràctiques, la idea és donar la màxima base teòrica possible, circuits útils i circuits que no ho són gens, o bé que se sap que no s'usen industrialment, de manera que quan al final sigui l'hora de dissenyar algun projecte, cap al final de la carrera, l'estudiant ja aprendrà a analitzar tota la informació rebuda i a triar les idees i els continguts que més s'escauran per al projecte que ha de dur a terme. És a dir, les assignatures desenvolupen continguts però no fan èmfasi en els projectes. El tarannà general d'enfocament de les assignatures és que "primer cal aprendre una gran part de la teoria i més endavant ja es veurà com s'aplica".

Fase Inicial	1A	Càlcul 6 ECTS	Física 6 ECTS	Introducció als Ordinadors 6 ECTS	Electrònica en les Telecomunicacions 6 ECTS	Empresa, Telecomunicacions i Sostenibilitat 6 ECTS
	1B	Matemàtiques de la Telecomunicació 6 ECTS	Àlgebra Lineal i Aplicacions 6 ECTS	Projecte de Programació 6 ECTS	Circuits i Sistemes Lineals 6 ECTS	Fonaments de Telemàtica 6 ECTS
	2A	Probabilitat i Estadística 6 ECTS	Processat Digital del Senyal 6 ECTS	Fonaments de Comunicacions 6 ECTS	Circuits i Sistemes Digitals 6 ECTS	Interconnexió de Xarxes 6 ECTS
	2B	Sistemes Operatius 6 ECTS	Ones Electromagnètiques en Sistemes de Comunicació 7.5 ECTS	Emissors i Receptors 4.5 ECTS	Circuits Electrònics i Sistemes D'Alimentació 6 ECTS	Arquitectura i Protocols d'Internet 6 ECTS
	3A	Comunicacions Òptiques 6 ECTS	Enginyeria de RF 10.5 ECTS	Circuits Electrònics per a Telecomunicacions 4.5 ECTS	Projecte d'Enginyeria del Software 3 ECTS	Comunicacions Audiovisuals 6 ECTS

Taula 9. Els primers quadrimestres del pla d'estudis de graduat en telecomunicació. 1A, 1B, 2A, i 2B: comuns a Telemàtica i Sistemes de Telecomunicació; 3A: sols en sistemes de telecomunicació. Publicat al BOE de 20 de febrer de 2009.

Per exemple, si a segon curs s'han d'estudiar els amplificadors de senyal, el que s'ha fet habitualment és impartir i explicar tota mena d'amplificadors de senyal, donant a conèixer totes les configuracions possibles amb les seves característiques i mostrant els possibles camps d'aplicació, però sense anar més enllà d'alguna simulació o muntatge pràctic que, generalment, no es corresponia a una aplicació comercial concreta, sinó que més aviat s'usava per demostrar que els circuits teòrics també funcionaven.

El fil conductor clàssic de l'electrònica analògica ha estat:

- 1) Teoria de circuits bàsica i components passius.
- 2) Física de dispositius semiconductors: díodes i transistors.
- 3) Aplicacions bàsiques de l'amplificador operacional i components: amplificadors de senyal i de potència, fonts d'alimentació, etc.
- 4) Circuits amb capacitats i inductàncies i aplicacions avançades : moduladors i circuits no lineals, conversió A/D i D/A, etc.

La idea, tal com s'ha comentat, és que no s'arriben a veure i plantejar aplicacions fins als cursos avançats, en els que ja es pot dir que l'estudiant té tota la informació necessària. Semblant al plantejament de les matemàtiques, en els primers cursos se'ls dona molta base i ja veuran més endavant, en altres assignatures, com la de processament de senyal, com s'apliquen el càlcul diferencial o l'àlgebra.

Aquest plantejament clàssic, és vàlid si es considera la carrera en el seu conjunt, però des del meu punt de vista és molt discutible. En primer lloc, tot i que en principi es pretengui ensenyar molta "base", cada vegada és més complicat i inabastable en una àrea tecnològica en constant evolució i tan dinàmica com la nostra. Què en queda, de la base que s'ha après a primer en un curs més avançat? No s'ha de tornar a explicar gran part dels continguts ara en el context de les aplicacions? I en segon lloc, aquest enfocament clàssic no és motivador per als estudiants ni permet desenvolupar moltes competències genèriques. Recordem que el contingut ja no és l'única preocupació nostra.

El fil conductor clàssic de l'electrònica digital ha estat:

- 1) Àlgebra de Boole i circuits combinacionals.
- 2) Cel·les seqüencials asíncrones (*latches*) i síncrones (*flip-flops*).
- 3) Màquines d'estats finits i aplicacions.
- 4) Altres circuits estàndard: comptadors, registres, memòries.

I a partir d'aquesta base, els continguts es dividien en dues línies:

- 1) Llenguatges de descripció de *hardware* i dispositius lògics programables.
- 2) Microprocessadors i microcontroladors.

De forma que més endavant les línies conflueixen una altra vegada en els:

- 1) Sistemes incrustats (*embedded systems*) i monoxip (*systems on chip*).

Tal com en l'electrònica analògica, aquesta temàtica de circuits digitals s'imparteix de forma exhaustiva, en el sentit que s'estudien la majoria de teoremes i demostracions com ho fan els llibres de text de la matèria. En tot cas, si cal simplificar o explicar una part de la matèria, és tan sols perquè l'especialitat o el pla d'estudis no contempla les assignatures o les hores necessàries per impartir-la amb més detall. Però el material que finalment se selecciona, s'imparteix de manera tradicional, donant peu al llarg del currículum al plantejament de nombrosos exemples de demostració, la majoria dels quals són de caire acadèmic. Les aplicacions pròpies del món real, tal com s'ha comentat, pràcticament mai no hi ha temps de plantejar-les perquè el temari està ple i en tot cas, ja hi ha altres assignatures en els últims cursos o el projecte de fi de carrera. La nostra experiència docent a l'hora d'impartir assignatures i treballs de fi de carrera ens mostra que els estudiants poden conèixer molta tecnologia electrònica, molta "base", però a l'hora de trobar-hi aplicacions, no saben per on començar.

El que en aquesta tesi se sosté és que des de primer curs es pot pretendre el disseny de circuits i aplicacions pràctiques i ben reals que ja "funcionin". Que ben aviat es pot aprendre a dissenyar circuits útils, treballant generalment amb models aproximats i regles heurístiques. És a dir, la idea és precisament fer el contrari del que s'ha fet

habitualment: deixar gran part de la teoria general, els conceptes avançats, les casuístiques particulars, els efectes de segon ordre, les no linealitats, les definicions precises, la teoria d'errors en les mesures i tanta altra matèria d'especialització per als cursos avançats deixant molt clar que, en tot cas, i si s'arriba a incloure en el currículum aquesta matèria, servirà per millorar les prestacions obtingudes en els primers circuits que ja funcionaven.

Pel que fa al pla d'estudis que ens ocupa representat a la Taula 8, se'ns afegeix un inconvenient molt important, que no té per exemple el pla d'estudis d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicació en l'especialitat d'Equips Electrònics: hi ha molt poques assignatures de l'àrea. Per tant, l'esforç de triar què s'ha d'impartir realment, és molt més considerable que en altres estudis en què hi ha força més crèdits de la matèria.

Aquest problema s'ha agreujat encara més en el nou pla d'estudis de grau, en el qual hi ha encara menys crèdits de tecnologia electrònica. Les limitacions imposades pel grau amb l'addició de competències genèriques redueixen encara més el contingut específic a impartir. El problema és, doncs, com interpretar, organitzar i distribuir el contingut específic que hem d'impartir en una matèria concreta a través de tasques motivadores –els problemes de tipus PBL– que representin una continuïtat de bones experiències d'aprenentatge de continguts i de desplegament de competències genèriques? Afortunadament la nostra matèria està farcida d'aplicacions pràctiques del món real que podem adoptar per guiar l'ensenyament per inducció que ens proposem impulsar en aquest treball.

Aquesta feina d'adaptació de continguts i assignatures a l'EEES s'està duent a terme a nivell general a tot el país i ja hi ha bibliografia sobre plans pilots i experiències de tota mena amb casos particulars de com la matèria ha quedat organitzada segons el pla d'estudis i la nova filosofia docent que hi ha al darrere. Exemples a considerar serien les propostes de la UDC [56] i la UV [57]. En el primer cas, els autors proposen la impartició dels continguts de sistemes digitals amb tècniques PBL en una matèria de tecnologia de computadors i en el segon, també l'aplicació del PBL per impartir continguts de fonts d'alimentació i energia solar en una matèria optativa d'electrònica industrial.

Els continguts específics, en el nostre cas els de la tecnologia electrònica, canviaran a mesura que ho facin els estudis, l'evolució tecnològica i la distribució que en faci la universitat i els departaments, però una vegada fixats a unes assignatures o mòduls d'estudi i associats al desplegament d'unes competències genèriques, la idea que ha de romandre és que sempre serà possible trobar una metodologia activa per impartir aquesta matèria basada en docència del tercer nivell.

1.4.1 Hipòtesi de treball i objectius

La introducció i la contextualització teòrica que hem desenvolupat fins ara ens ha permès explicar detalladament el problema que tenim: en els ensenyaments actuals de l'àrea de tecnologia electrònica, que podríem fer extensibles a altres branques de l'enginyeria, no està ben resolt l'aprenentatge de coneixements i competències genèriques. Som capaços d'identificar força problemes derivats de la pràctica docent basada en metodologies instruccionals tradicionals. Així doncs presentarem fins a

quatre hipòtesis de partida, les quals intentarem validar amb els resultats obtinguts d'aquest treball.

La primera és que l'aprenentatge actiu, tal com el proposem en aquest treball, permet a molts més estudiants assolir un nivell de coneixements acceptable, amb el consegüent augment del rendiment acadèmic de les matèries.

La segona consisteix a assegurar que el mètode sistemàtic d'aprenentatge actiu que proposem és més eficaç que l'ensenyament tradicional pel que fa a l'aprenentatge de coneixements específics i competències genèriques tal com es defineixen a l'EEES. És a dir, els estudiants aprendran significativament els coneixements específics i desplegaran eficientment les habilitats genèriques pròpies de la titulació si els mantenim immersos en l'entorn d'aprenentatge actiu planificat sistemàticament per resoldre problemes i projectes que proposem.

La tercera assegura que el mètode sistemàtic d'aprenentatge actiu que proposem s'aplica perfectament a l'àmbit de les assignatures de tecnologia electrònica dels estudis de grau i que igualment serà de gran utilitat en altres àrees de coneixement d'estudis d'enginyeria.

I la quarta afirma que el mètode d'aprenentatge actiu que proposem representa una càrrega docent assumible de forma permanent pels professors universitaris i que pot convertir-se en una eina que perduri en el temps per establir-se com una de les metodologies docents més vàlides per afrontar els reptes de l'ensenyament superior.

L'objectiu bàsic de la tesi consisteix a dissenyar i validar un model instruccional sistemàtic basat en metodologies actives que permeti adaptar assignatures de l'àrea de tecnologia electrònica organitzades segons paràmetres tradicionals al nou model docent basat en la integració de continguts específics i competències genèriques propi de l'EEES.

Utilitzant les idees, les plantilles i les orientacions subministrades en aquest treball no solament professors de l'àrea de tecnologia electrònica, sinó també d'altres branques, poden procedir a l'adaptació i transformació de les seves matèries a través de les estratègies sistemàtiques descrites que, a més, incorporen un fort component d'autoreflexió sobre la pràctica acadèmica activa que inevitablement provoca un enriquiment molt substancial del procés d'ensenyament–aprenentatge.

2 Model d'instrucció sistemàtic

En teoria, planificar l'ensenyament és un procés que consisteix a establir objectius inicials, triar continguts i desenvolupar activitats d'aprenentatge, avaluar fins on els estudiants han après i usar els resultats i el *feedback* dels estudiants i dels professors implicats per millorar la instrucció [58] en cursos successius. És el que fem a les escoles rutinàriament, començant pel pla d'estudis a desenvolupar i acabant en cadascuna de les lliçons a impartir a les assignatures. Per tant no representa una novetat que pugui ser d'interès per desenvolupar una tesi. Però la veritat és que no és pas una tasca tan senzilla ni molt menys rutinària. Des d'aquest primer paràgraf ja podríem començar a escriure una llarga llista de problemes i inconvenients generals que afecten la planificació actual que fem dels nostres estudis, deixant clar que hi ha moltíssims conceptes a millorar: baix rendiment acadèmic, poca comunicació intra i interdepartamental, dispersió de matèries entre departaments que dificulten el treball en projectes comuns, poca coordinació horitzontal i vertical, biaix dels professors cap a tasques més valorades que la docència com ara la recerca en la pròpia disciplina, etc. Fins al punt que podríem assegurar sense equivocar-nos gaire que, en general, la planificació dels estudis a la universitat funciona en llaç obert, és a dir, sense uns paràmetres de control de qualitat garantits. Si es produeix una deriva dels indicadors previstos en el global del pla d'estudis o en la particularitat d'una matèria, generalment no es corregeix o si es fa és massa tard i, per tant, de forma inefectiva.

Planificar una matèria d'una forma sistemàtica significa usar diverses fonts d'informació, dades i principis teòrics com a entrades per planificar cadascuna de les etapes del sistema i comparar els resultats obtinguts en cada etapa amb els que pretenien obtenir els organitzadors de la docència, introduint immediatament accions de correcció analitzades prèviament i de forma metòdica. Una matèria planificada sistemàticament serà a la vegada sistemàtica i científica en el sentit que serà documentable i reproducible i conduirà als resultats predictibles. Serà doncs un objecte de recerca que haurem de dissenyar amb creativitat per trobar solucions als problemes oberts que se'ns presentaran com a resultat de la interacció de tantes variables.

En proposem dissenyar un sistema d'instrucció que dediqui l'atenció a les condicions en què es dona lloc a l'aprenentatge i aquestes condicions, com hem vist en el capítol anterior, són tant internes com externes a l'estudiant. Així mateix, aquestes condicions depenen del tipus d'objectius d'aprenentatge que es pretenen assolir. La Fig. 14 mostra el conjunt d'elements i relacions generals que s'estableixen en un sistema d'educatiu. I ben segur que hem de ser conscients a l'hora de planificar un disseny sistemàtic d'un curs que de tots aquests components, la instrucció, és a dir, el procés de guiatge dels estudiants perquè assoleixin els coneixements i les destreses, és només un dels ítems del diagrama. La majoria de les altres variables resten fora del nostre abast, tot i que ineluctablement ens afectaran. El professor té molts graus de llibertat a l'hora de plantejar la metodologia per aconseguir que els seus estudiants aprenguin la matèria. En el pla d'estudis extingit en el qual van pilotar-se moltes de les experiències que relatarem en aquest treball, tan sols es consideraven els continguts específics com a punt de partida. Actualment el professor per planificar la instrucció de la matèria ha de considerar ambdues competències: les genèriques i les específiques.

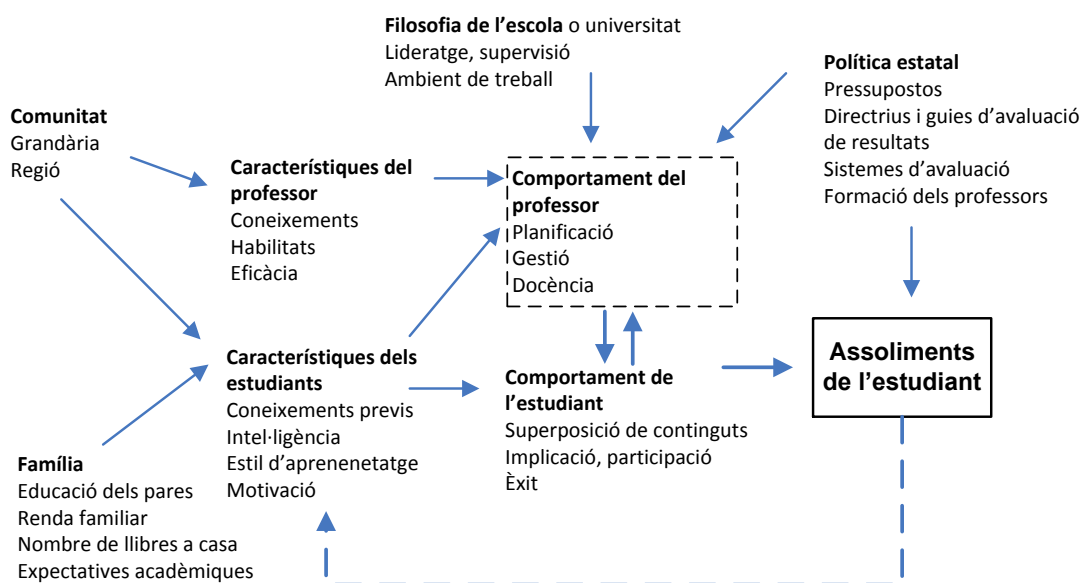


Fig. 14. Marc general del model de Huit¹¹ (2003) del procés d'ensenyament-aprenentatge tal com el mostra Gagné [58].

Acceptem, com expliquen Gagné o Dick-Carey, que un disseny instruccional lineal sistemàtic com el que presentarem no pressuposa aplicar una pedagogia concreta. Es tracta d'aplicar una metodologia científica a la tasca d'instruir, de manera que a l'hora de crear l'entorn d'aprenentatge sistemàtic d'una assignatura podrem escollir la metodologia docent que més ens convingui, atenent als objectius i al nostre repertori. Tot i així nosaltres afavorirem, naturalment, les metodologies basades en l'aprenentatge actiu perquè, seguint els nostres objectius segons l'EEES, les veurem com les úniques factibles de produir els resultats esperats. Val a dir també que sobre

¹¹ <http://chiron.valdosta.edu/whuitt/materials/tchlrnmd.html>

aquest punt hi ha controvèrsia. Hi ha autors [60] que veuen que aquests models d'instrucció tradicionals han estat traçats sota la perspectiva conductista i no s'adapten bé a la visió de l'aprenentatge constructivista, el paraigües sota el qual col·locaríem les metodologies actives. Per això proposen nous models d'instrucció dissenyats a partir de zero que encaixen més bé amb aquesta última filosofia.

Tal com hem fet en el capítol anterior pel que fa a les bases de l'aprenentatge, ens convé llegir i analitzar bibliografia referent als mètodes instruccionals tradicionals per poder elaborar i explicar amb solvència els fonaments del nostre propi model.

Els models lineals habituals de Gagné [58] i de Dick-Carey [59] per organitzar i conduir cursos són força genèrics, en realitat representen les fases de la resolució sistemàtica de problemes, com veurem més endavant, i es poden aplicar a tota mena de situacions i, segons siguin les característiques d'aquestes situacions, es particularitzaran fins i tot models que seran propietat de les empreses que els han desenvolupat. Si comparem el model de la Fig. 15 amb el de la Fig. 16 a primera vista sembla que siguin força diferents, però de seguida endevinarem que el model de Dick-Carey incorpora tots els aspectes del model ADDIE. L'anàlisi, la identificació del problema, les seves causes i condicionants correspondrien a les fases 1-2-3 del Dick-Carey; el disseny està inclòs en les fases 4-5-6 sobre objectius, criteris d'avaluació i estratègies instruccionals; el desenvolupament correspondria a la fase 7 de preparació de materials d'estudi; la implementació no tindria equivalència com un pas separat i en tot cas, els aspectes de la implementació que ocorren durant el procés de disseny i desenvolupament estarien inclosos a la fase d'avaluació, que es correspondria amb les etapes 8-9-10 del Dick-Carey.

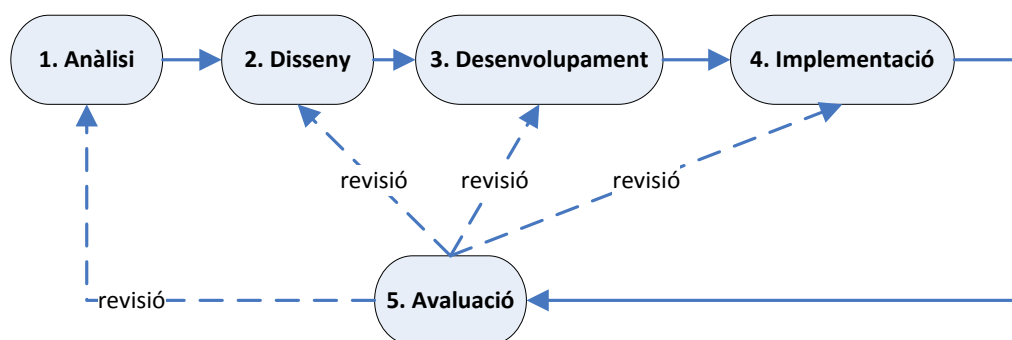


Fig. 15. Model de disseny instruccional genèric ADDIE (*Analyse, Design, Develop, Implement, Evaluate*) [58].

Altres models¹² són representats en espiral, per emfasitzar que el procés d'un ensenyament sistemàtic és molt més complex del que es representa a través d'un model lineal constituït per unes fases amb entrades i sortides amb millores i variacions previstos sols en finalitzar cada iteració. La idea és que podríem entrar al sistema en qualsevol fase, podríem dur a terme tasques en paral·lel i generar iteracions locals en cada etapa. En tot cas, està clar que quan es comença a dissenyar l'ensenyament hem de confiar en un model que aproximadament representi les nostres intencions, que s'adapti a la nostra visió de la docència (1r, 2n o 3r nivell) i a

¹² Una exemple de web sobre disseny instruccional: <http://www.instructionaldesign.org/models/index.html>

partir d'haver assolit una experiència, i en aquest camp solen requerir-se diversos anys acadèmics, el que ens cal és confiar en nosaltres mateixos perquè haurem adquirit un nivell cognitiu difícil de modelitzar.

Pel que fa al model de Dick-Carey, més particularitzat al que pot representar programar amb cura un curs acadèmic, ens interessa remarcar que per als autors, i per a nosaltres, el model és vàlid no sols per a estratègies docents de tipus conductista i receptives conduents a un aprenentatge superficial, com hom es podria imaginar, sinó que permetria encabir qualsevol estratègia activa que generi aprenentatge significatiu, ja que encara que sembli que tot està perfectament orquestrat pel professor, el model permet imaginar-se que els objectius estan centrats exclusivament en què esperem que produeixin els estudiants i que hi ha un alineament constructiu amb els instruments d'avaluació proposats i les metodologies. Des de la nostra perspectiva, el sistema amb els 10 ítems que conté ens permeten estudiar minuciosament què hem estat fent fins ara a l'aula, amb els magres resultats obtinguts, i com podem arribar a replantejar la tasca docent fins a impulsar-la a uns nivells de qualitat mai vistos fins ara en estudis de grau d'enginyeria.

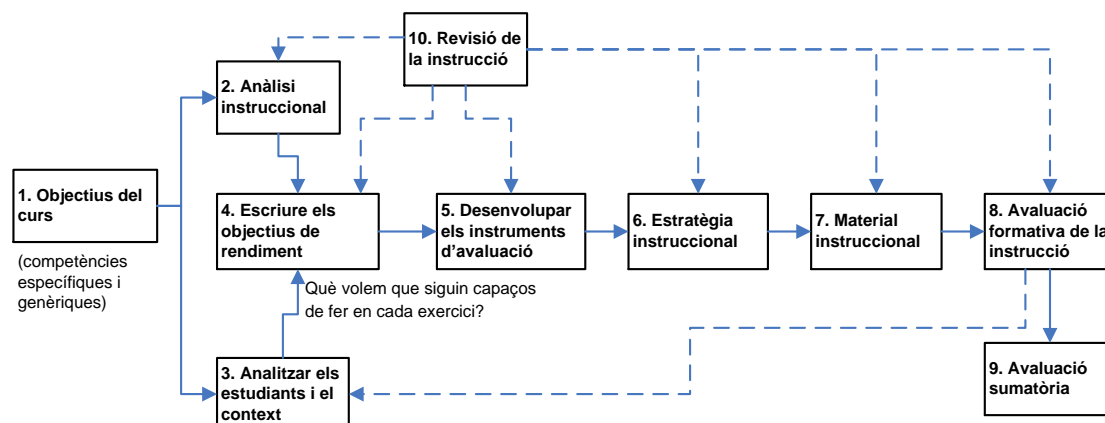


Fig. 16. Model de disseny instruccional de Dick-Carey [59].

Model ICE- UPC

El model sistemàtic per organitzar la docència que s'usarà és essencialment el desenvolupat a través dels cursos d'adaptació a l'EEES organitzats per l'ICE [67] durant les fases de plans pilots. Un model centrat en l'aprenentatge de l'estudiant que s'ha anat revisant i perfeccionant a través del treball cooperatiu del grup de professors assessors de l'ICE que l'han impartit. S'han fet desenes d'edicions del curs entre les diferents escoles de la UPC i també s'ha programat el curs en altres universitats estatals. L'enriquiment aconseguit a través del *feedback* subministrat pels participants procedents de disciplines ben diverses és un dels punts forts que han donat sentit a l'adopció d'aquest mètode sistemàtic per al plantejament d'aquesta tesi. Es tracta d'un model que permet que els estudiants aprenguin continguts i competències genèriques simultàniament. En tot cas, aquest model de l'ICE-UPC representat esquemàticament a la Fig. 17 és força genèric i obert, ja que es tractava d'abastar el màxim de professors per tal de donar a conèixer les moltes novetats del

nou paradigma rere de l'EEES sense tancar portes ni invalidar moltes de les pràctiques docents que ja s'estaven usant. Es pretenia que els docents es replantegessin la seva pràctica diària a partir de les línies generals i les propostes de noves activitats i metodologies esbossades en el curs.

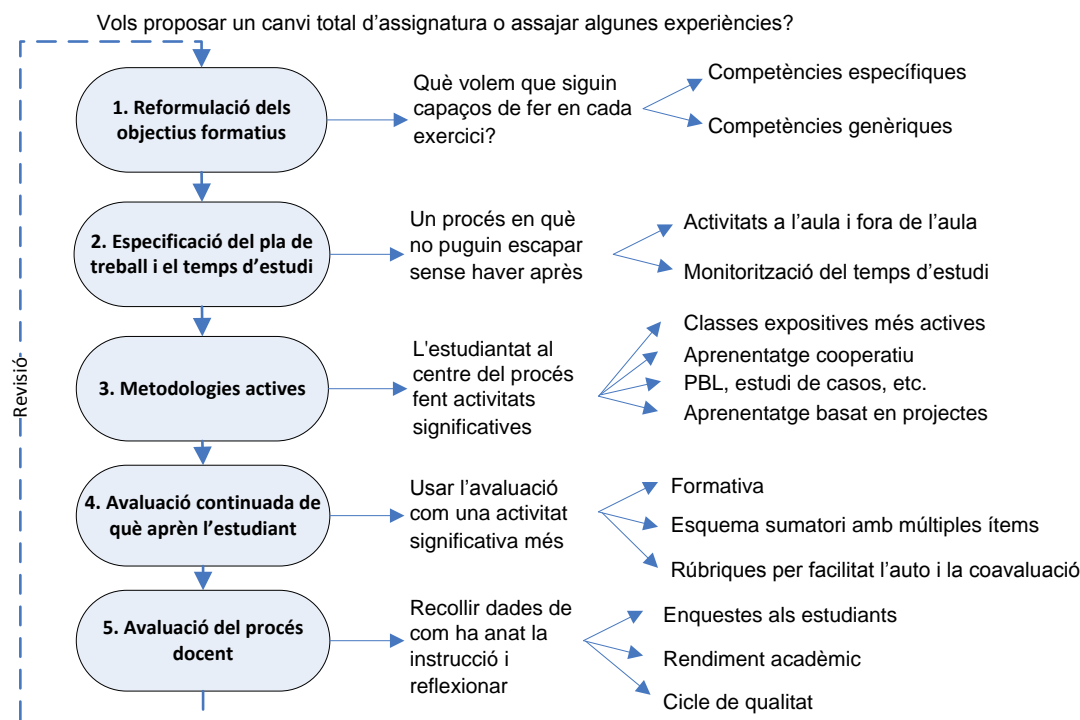


Fig. 17. Model usat en els cursos d'adaptació a l'EEES de l'ICE-UPC [67].

Ens hem posat d'acord a proposar l'adaptació d'una assignatura tradicional a través d'un procés continu que es realitza durant diversos quadrimestres consecutius. El procés té 5 punts (vegeu la Fig. 18): a) establiment dels objectius d'aprenentatge; b) planificació d'activitats i temps d'estudi; c) metodologies a l'aula i fora de l'aula; d) avaluació de l'aprenentatge, i 5) millora contínua amb avaluació del procés. La idea bàsica del pla és que qualsevol professor universitari el pugui dur a la pràctica fàcilment, especialment en estudis d'enginyeria i altres ensenyaments tècnics. Precisament en aquestes àrees els professors no han de tenir, almenys ha estat així fins ara, formació explícita en ciències de l'educació, i d'aquesta manera, podran disposar d'un mètode sistemàtic que els ajudi a interpretar què és el més rellevant i quina orientació han de donar als seus cursos per tal que la universitat tingui èxit en l'adaptació a l'Espai de Bolonya. Pràcticament totes les universitats han engegat plans de formació similars per al seu professorat.

Comptant doncs amb aquesta experiència en la qual vàrem participar activament durant els anys en què es desenvolupaven els plans pilot d'adaptació, i amb la tria particular d'entre les múltiples activitats que se suggerien de realitzar, es proposa el model de la Fig. 18 per acomodar les assignatures de tecnologia electrònica objecte d'aquest treball. Bàsicament es tracta d'una realització concreta del model general de l'ICE-UPC, amb una selecció d'estratègies i interpretació personal en cadascun dels cinc punts.

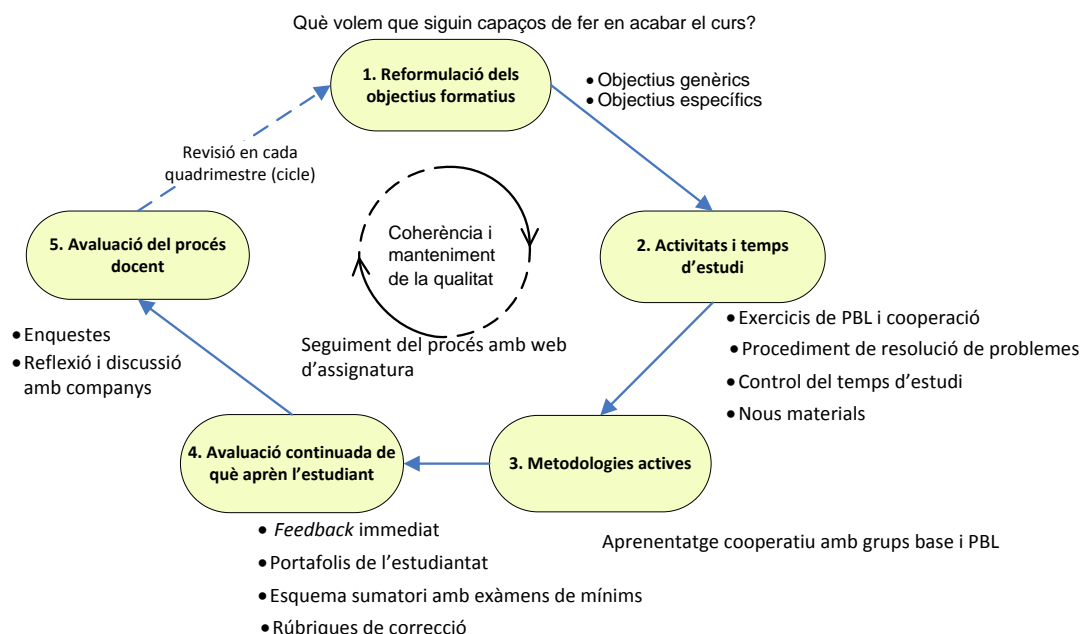


Fig. 18. Model sistemàtic en cinc punts proposat per a l'adaptació de les assignatures de tecnologia electrònica a l'EEES.

Finalment, val a dir que organitzar el curs seguint el mètode instruccional sistemàtic que col·loca l'estudiant al centre del procés representarà també tractar i enfocar de nou un conjunt de temes col·laterals als coneixements, activitats o avaluacions com ara l'organització dels professors a l'assignatura, el nombre d'hores de docència, els horaris, la distribució de la matèria setmanalment, etc.

2.1 Objectius d'aprenentatge

La planificació d'un curs ha de començar necessàriament per analitzar quines són les capacitats inicials dels estudiants, que anomenem *coneixements previs*, i què seran capaços de fer una vegada hagin finalitzat el curs. A la referència clàssica de Bloom [63] s'hi troben instanciades les quatre preguntes clau que són a l'origen de qualsevol dels mètodes sistemàtics que hem estudiat anteriorment:

- 1) Quin és el propòsit educacional o quins objectius ha d'assolir l'escola o el curs?
- 2) Quina mena d'experiències d'aprenentatge podem subministrar per tal que els alumnes assoleixin els nostres propòsits?
- 3) Com es poden organitzar aquest seguit d'experiències de forma efectiva per tal que d'aconseguir una seqüència contínua que els ajudi a integrar els coneixements en lloc que semblin accions aïllades i inconnexes?
- 4) Com podem verificar l'efectivitat de les experiències d'aprenentatge usant exàmens i altres procediments que ens mostrin evidències del que han après?

Així que tot comença per establir els objectius del nostre curs. En primer lloc redactarem o examinarem els objectius generals que ens han assignat a la nostra assignatura segons el pla d'estudis, que en els nous estudis de grau hem anomenat *competències específiques i genèriques*.

El punt de partida d'aquest treball correspon al pla 2001 dels estudis d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, ara extingit, en què bàsicament els objectius anunciaven només el contingut a impartir, el que ara són competències específiques. Almenys aquests eren els requeriments que imposaven l'escola o el departament als equips docents, desplegar els continguts de la matèria. Així doncs, els objectius generals en realitat són les línies, continguts i orientacions que l'escola ha encarregat al departament d'assolir en una determinada matèria, el que sempre hi ha hagut en les guies docents directament tal com es desprenia del pla d'estudis vigent i del contracte establert entre el departament i els professors. Estaven redactats des del punt de vista del professor i en el fons no constituïen res més que la típica introducció a l'assignatura amb l'exposició del temari més o menys detallat. Se suposava que els alumnes evidenciaven què havien après dels continguts a través dels exàmens i la metodologia era la tradicional (si hi havia laboratoris o classes de problemes, en general no comptaven gaire, i les qualificacions es fixaven amb exàmens clàssics).

Així doncs, vam haver d'aprendre tot un altre llenguatge amb nous conceptes i definicions per referir-nos als objectius, a partir del moment en què vam començar a realitzar les primeres experiències d'innovació docent sota el paraigua de les proves pilot de l'EEES. Bàsicament, els objectius van assimilar-se a les competències, tant específiques com genèriques des de la perspectiva de l'estudiant: què ha d'haver après una vegada superat el curs, que, tot i assumint la confusió terminològica, anomenarem *objectius* o *metes d'aprenentatge* (en anglès: *performance outcomes*, *behavioural objectives*, *learning objectives*, etc.). Voldrem que els nostres estudiants assoleixin un determinat nivell de competències que, a més, com indiquen Bloom, o Biggs amb el seu alineament constructiu, o qualsevol dels mètodes d'instrucció sistemàtics, ja ens prefixaran a continuació tant els materials i les metodologies com la forma d'avaluar-les.

D'altra banda, és molt convenient en aquest apartat indicar que un objectiu general d'escola nou que hem de tenir present i que d'alguna manera ens ha condicionat força és el següent: els centres docents volen augmentar el rendiment dels estudis, és a dir, que aprovi el màxim nombre d'estudiants a la primera convocatòria sense reduir continguts o abaixar el nivell de les proves d'avaluació en les assignatures. Aquest plantejament de rendiment acadèmic, si és que ha de ser creïble, implica pràcticament analitzar com són els nostres estudiants (3r ítem del Dick-Carey), és a dir: 1) instal·lar noves metodologies docents com les descrites en el capítol anterior i 2) realitzar paral·lelament un treball de tutoria acadèmica per aconsellar les millors opcions de matrícula a cadascú, així com explicar tècniques d'estudi, desenvolupar plans d'acolliment inicial, etc. La idea subjacent és que el centre docent no desitja tenir "no presentats" a les aules; en tot cas, el que es prefereix és que els estudiants es matriculin justament del nombre d'assignatures que són capaços de superar en el semestre atenent a les seves possibilitats i condicions personals reals (podríem dir-ne la seva *estructura cognitiva interna prèvia*).

Massa vegades, quan un professor té èxit en el paràmetre del rendiment, o és que és un fora de sèrie amb multitud de recursos i gran oratòria, aconseguint com ningú la màxima motivació i atenció dels estudiants [8], o s'insinua o se sospita que és a causa

d'abaixar el nivell. I actualment podem estar ben lluny de la realitat perquè hi ha una altra tipologia de professors que potser s'han canviat al nou paradigma docent centrat en l'estudiant, assumint una docència de 3r nivell, i els seus alumnes aprenen més i millor perquè dediquen més hores a l'estudi en profunditat de la matèria i, per tant, un dels resultats és precisament que aproven més que amb els mètodes tradicionals. Compte, però, que no és pas tant fàcil tot plegat com simplement decidir-se a canviar al 3r nivell, ja ho hem escrit altres vegades: *"student and faculty resistance is all but a guaranteed response to learner-centered teaching"*[62], si no, no caldria emprendre treballs com el d'aquesta mateixa tesi.

Si realment pretenem enfocar l'ensenyament des del punt de vista de l'estudiant i provocar un canvi radical en la forma en què venim ensenyant, cal procedir a l'elaboració curosa d'un conjunt d'objectius d'aprenentatge perquè:

- 1) els estudiants tindran més clar què s'espera d'ells i ho tindran més fàcil per desenvolupar una certa autonomia d'estudi,
- 2) els professors podran desenvolupar programes més eficaços i tindran més fàcil la coordinació i el planteig de proves d'avaluació,
- 3) el centre ho tindrà més fàcil per realitzar la coordinació horitzontal i identificar els encavalcaments i mancances entre continguts.

El problema serà doncs, com escriure'ls per a que siguin enunciats útils per anunciar-los als estudiants des de començament de curs i els predisposin a seguir el curs des del principi.

2.1.1 Com escriure els objectius d'aprenentatge del curs?

L'assignatura a impartir contribueix amb unes competències de la titulació fixades per l'escola segons el pla d'estudis, per exemple:

- CE 15 TELECOMUNICACIÓ. Coneixement i aplicació dels fonaments de llenguatges de descripció de dispositius de maquinari. (CIN/352/2009, BOE 20.2.2009)
- ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 1: Identificar les pròpies necessitats d'informació i utilitzar les col·leccions, els espais i els serveis disponibles per dissenyar i executar cerques simples adequades a l'àmbit temàtic.

La nostra tasca serà traduir aquestes orientacions generals a objectius d'aprenentatge perquè sigui fàcil comprovar que efectivament els estudiants els hagin après un cop superat el curs. Hi ha molta bibliografia per preparar objectius formatius a partir de les descripcions generals, vegeu les referències clàssiques [63], [64] i [65]. Aquest ha estat un tema clau d'interès per part dels professors col·laboradors de l'ICE els qual van preparar el procediment de redacció d'objectius [66] que presentem a continuació i que encara constitueix un dels cursos més habituals de formació de professorat [67]:

- a) El subjecte és sempre l'estudiant, de forma que els objectius solen anar precedits de la frase: "L'estudiant, una vegada realitzat el curs, ha de ser capaç de ..."

- b) El verb serà d'acció, fàcilment mesurable a través de proves d'avaluació. No farem servir pas els verbs típics com ara: comprendre, saber, entendre, etc., que normalment donen lloc a una interpretació molt subjectiva.
- c) Els complements directes i circumstancials concreten, respectivament, el tema i el mode en què es desenvoluparà l'acció.

Per començar a redactar objectius d'aprenentatge, si no es disposa d'experiència prèvia –el més habitual tenint en compte el nostre punt de partida en un ensenyament centrat en el professor–, és millor considerar el material que normalment demanem que estudiï l'alumne: quins coneixements exigim als exàmens. A partir d'aquests, ens serà molt més fàcil determinar quins conceptes, d'entre tots els coneixements que exposem a la pissarra, són els que any rere any suposem realment importants en la nostra matèria perquè demanem que se'ls aprenguin any rere any. En canvi, el que no hem de fer és prendre de partida el temari, perquè ens passaria que a partir d'aquest considerariem que tot és important i acabariem generant massa objectius (i després no hi hauria forma d'avaluar-los).

Proposem realitzar doncs un treball d'enginyeria inversa observant què és el que s'ha preguntat reiteradament en els exàmens clàssics i tractant de reescriure-ho en format d'objectiu d'aprenentatge. En el capítol 3 es mostraran llistats complets d'objectius d'assignatura redactats d'aquesta forma. A tall d'exemple, si una pregunta típica de les habituals als examen d'ED és la representada a la Fig. 19, un objectiu típic de l'assignatura quedaria redactat d'aquesta forma:

- Una vegada superada l'assignatura ED, l'estudiant haurà ser capaç de:

Descripció	Nivell
Comparar les famílies lògiques i les característiques elèctriques més significatives (nivells de tensió, marges de soroll, potencia dissipada, temps de propagació, etc.); interpretar la informació bàsica recollida en els fulls de fabricant (<i>datasheets</i>) per calcular la màxima freqüència d'operació i la potència consumida per un circuit d'una tecnologia determinada.	2

L'assignació de nivells als objectius així formulats s'explicarà seguidament a la secció 2.1.3. Un altre exemple d'un objectiu redactat segons aquestes indicacions, en aquest cas per a l'assignatura SED, seria el següent:

- Una vegada superada la assignatura SED, l'estudiant serà capaç de:

Descripció	Nivell
Dissenyar circuits electrònics digitals basats en microcontroladors PIC usant eines CAD - EDA professionals com el MPLAB de Microchip i el compilador C de HI-TECH, seleccionant els perifèrics específics adequats en funció de l'aplicació i programant el sistema en llenguatge C.	3

Ens queda una pregunta important per resoldre: quants objectius específics hem de preparar? Suposem una assignatura de 6 ECTS, equivalent a unes 150 hores de treball personal de l'estudiant. Les hores presencials es fixen entre uns percentatges, de

manera que l'assistència li representa unes 4 o 5 hores setmanals durant 15 setmanes (si també es compta el temps dedicat a proves d'avaluació). Es pretén aconseguir que l'estudiant inverteixi efectivament les hores d'estudi necessàries fora de classe per dedicar a aquesta matèria el temps previst, de manera que ha d'estudiar regularment fora de l'aula entre 6 i 4 hores setmanals durant el curs. Aprendre un objectiu específic per cada 10 – 12 hores d'estudi és més que raonable, tal com ens mostra la nostra experiència, és el temps que aproximadament representa una setmana de dedicació a la matèria. Recordem que aprendre un objectiu per part de l'estudiant representarà produir evidències i no sols recordar conceptes. Així que tindríem entre 12 i 15 objectius d'aprenentatge, els quals han d'incloure, com es veurà més endavant, els derivats de les competències genèriques. Una llista massa llarga d'objectius no és viable, perquè per assegurar-nos que els alumnes els han après els hem d'avaluar, i això complica excessivament l'organització del curs, a més de passar-nos de llarg en el còmput d'hores que poden dedicar a la nostra matèria.

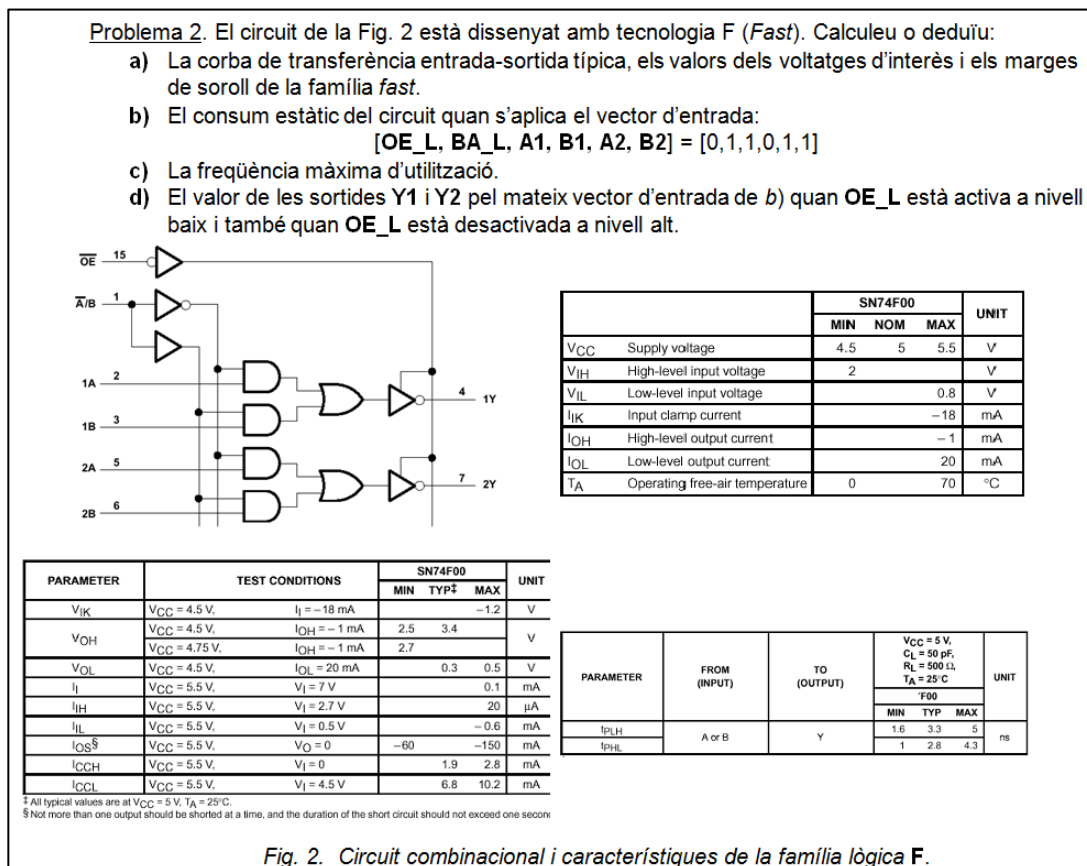


Fig. 2. Circuit combinacional i característiques de la família lògica F.

Fig. 19. Pregunta d'examen típica d'ED.

La redacció dels objectius des d'aquesta nova orientació, entenent que cadascun ha de desplegar-se en activitats i materials, temps d'estudi, metodologies i avaluacions no és una missió gens senzilla. Es tracta d'una tasca que es resoldrà progressivament per part del docent a mesura que vagi impartint els quadrimestres, revisant i afinant, tal com indica el model cíclic de la Fig. 18.

2.1.2 Objectius d'aprenentatge genèrics

Pel que fa a la redacció dels objectius d'aprenentatge genèrics, l'autèntica novetat dels nous estudis de grau, s'ha de procedir com es fa amb els específics però tenint en compte, que no tenim experiència prèvia ni exàmens de coneixements en què basar-nos, per la qual cosa la seva integració en el curs es convertirà en un repte.

Ja s'ha explicat en el capítol 1, en tractar sobre competències genèriques, que es tracta de les habilitats necessàries per a un exercici correcte de la professió integrant coneixements disciplinaris, aptituds, trets de personalitat i valors ètics. Pel que fa a les enginyeries, a més del projecte *Tuning* [34], el consorci *Career Space* ([35] i [36]) i altres agències com la nord-americana ABET (*Criterion 3: Program Outcomes and Assessment*) [37], van proposar una llista completa d'habilitats genèriques que els futurs enginyers del sector TIC han de desenvolupar que han estat transferides a les respectives carreres. És a dir, el pla d'estudis ha de procurar que els estudiants, una vegada superada la carrera en la seva totalitat, hagin après, per exemple, a treballar en grup, gestionar projectes en la seva àrea d'especialitat, usar la llengua anglesa en el context professional, redactar documents tècnics i presentar-los en públic, comprendre la necessitat de l'aprenentatge al llarg de tota la seva vida, etc. A tall d'exemple, a la Taula 10 s'hi mostra la llista de competències que l'EETAC ha determinat que han de desenvolupar els estudiants del grau d'Enginyeria de Telecomunicació. A la secció següent explicarem que per cada competència s'han redactat descriptors en tres nivells [38] per acabar de perfilar fins a quin punt o nivell d'expertesa s'han de desenvolupar.

UPC	EETAC
1) Emprenedoria i innovació 2) Sostenibilitat i compromís social 3) Tercera llengua 4) Comunicació oral i escrita eficaç 5) Treball en equip 6) Ús solvent dels recursos d'informació 7) Aprenentatge autònom	C1. Emprenedoria i innovació C2. Sostenibilitat i compromís social C3. Tercera llengua (anglès) C4. Comunicació oral i escrita eficaç C5. Treball en equip C6. Ús solvent de recursos d'informació C7. Aprenentatge autònom C8. Utilització eficient d'equips d'instrumentació C9. Gestió de projectes

Taula 10. Llistes de competències genèriques del grau de la UPC i de l'EETAC per als ensenyaments d'Enginyeria de Telecomunicació.

Des d'un punt de vista pràctic podem pensar en dues opcions possibles per estructurar les habilitats genèriques entre els cursos de la carrera:

- Col·locar assignatures específiques al llarg del pla d'estudis per practicar aquestes habilitats genèriques, mantenint les altres assignatures només amb objectius de continguts específics.
- Proposar assignatures convencionals però integrant en cadascuna una o diverses competències genèriques, de forma que en conjunt també es garanteixi l'objectiu final de la formació en aquestes habilitats.

El nostre centre, l'EETAC de la UPC, en el context de l'adaptació a l'EEES a través del pla pilot ha intentat experimentar la segona opció, perquè de la primera es tenia l'experiència de l'assignatura Tècniques de comunicació oral i escrita (TCOE) del primer quadrimestre. Les assignatures que s'inclouen en aquest treball (ED, CiC, SED, SDR, CSD) s'han proposat tenint en compte aquesta segona idea d'incloure competències de caire genèric en el llistat d'objectius d'aprenentatge. Tot seguit, a tall d'exemple, es presenten un parell d'objectius d'aquest tipus:

- Una vegada superada l'assignatura ED, l'estudiant ha de ser capaç de:

Descripció	Nivell
Buscar, classificar i analitzar posteriorment en grup els materials d'estudi (també en anglès) a la biblioteca i Internet per realitzar i documentar els treballs proposats.	2

- Una vegada superada l'assignatura SED, l'estudiant ha de ser capaç de:

Descripció	Nivell
Usar processadors de text comercials amb impressió final en format PDF per realitzar la memòria dels exercicis seguint els criteris de qualitat establerts: format de la plantilla, errors ortogràfics i gramaticals, diagrames de flux, figures, referències bibliogràfiques, etc.	2

De moment ens quedem amb la idea que integrar competències genèriques a les assignatures és un camp obert a l'experimentació i innovació docent, i la majoria de solucions aportades acaben allunyant les assignatures de la docència tradicional de caire receptiu. Representa un repte que cada docent ha de tractar de resoldre i que, en el nostre cas, hem tractat de fer-ho usant les eines de la investigació-acció i replantejant els cursos a través de disseny instruccional sistemàtic que necessàriament comporta convertir-nos en docents reflexius.

2.1.3 Una taxonomia simplificada d'objectius d'aprenentatge

En els exemples d'objectius exposats anteriorment s'observa que cadascun d'ells s'ha associat a un nivell. Es tracta del nivell cognitiu o de desenvolupament de la competència al qual s'assigna l'objectiu en funció d'una escala o taxonomia establerta.

És clar que en programar una assignatura de grau, encara que sigui pel fet d'estar ubicada en un curs inicial o en un de més avançat, preveurem objectius de distinta complexitat intel·lectual; alguns requeriran poc esforç i en canvi, d'altres requeriran haver après prèviament un conjunt d'habilitats per poder-los abordar amb garanties. Per exemple, no serà el mateix:

- 1) "L'estudiant serà capaç d'explicar mitjançant un treball redactat usant la plantilla corresponent, les arquitectures per a sistemes microprocessadors més comuns, a partir d'una cerca i classificació prèvia d'informació teòrica",

que

2) "L'estudiant haurà de ser capaç de dissenyar usant un microcontrolador PIC un sistema de mesura i transmissió de temperatura ambient alimentat amb bateries".

A més, està clar que es requeriran distintes estratègies i activitats docents per enfocar l'aprenentatge de cada objectiu (vegeu la secció 2.2). Per exemple, per aconseguir l'objectiu 1), amb una classe magistral i el treball posterior de l'alumne seria suficient (encara que per què no provar un puzzle amb grups informals?); en canvi, per resoldre l'objectiu 2), caldrà preparar sessions de treball en grup a l'aula i al laboratori procedint amb una seqüència d'experiments encadenats de cada vegada més dificultat fins arribar a adquirir els coneixements i les habilitats necessaris per implementar una nova aplicació o projecte.

El punt de partida per establir els nivells de competència és la taxonomia de Bloom (1956), abastament referenciada, [63], representada a la Taula 11, que estructura l'aprenentatge en sis nivells cognitius: coneixement, comprensió, aplicació, anàlisi, síntesi i avaluació. Cada nivell representa una competència més elevada i és més difícil d'adquirir, en el sentit que requereix més temps i planificació, noves estratègies docents i necessàriament haver assolit la immediata anterior.

És interessant comparar aquesta taxonomia de Bloom amb l'esquema d'aprenentatge de capacitats intel·lectuals de Gagné de la Taula 11 i també de la Fig. 2. Ens interessa en particular observar com Gagné col·loca la resolució de problemes com la tasca de més alt nivell, la que permet assolir els nivells cognitius més alts de la taxonomia de Bloom.

Bloom	Gagné
Avaluació	Estratègies cognitives, resolució de problemes, ús de regles
Síntesi	Resolució de problemes
Anàlisi	Ús de regles
Aplicació	Ús de regles
Comprensió	Conceptes definits, conceptes concrets, discriminacions
Coneixement	Informació verbal

Taula 11. Comparació entre la taxonomia de Bloom i els tipus d'aprenentatge de Gagné [58].

Aquesta taxonomia de Bloom ha estat revisada i actualitzada recentment per Anderson et al. (2001) [65] tal com presenta esquemàticament la Fig. 20, generant una taula en dues dimensions. Pel que fa a la dimensió del procés cognitiu, mantenen els sis nivells usant les formes verbals d'infinitiu (recordar, entendre, aplicar, analitzar, avaluar, crear) i canviant l'ordre de les activitats crear i avaluar. Així mateix els autors proposen una altra dimensió a part per estructurar el coneixement des del punt de vista nominal en quatre nivells: fets, conceptes, procediments i metacognició.

Hi ha altres classificacions que ens són d'interès a la literatura, per exemple la taxonomia SOLO (*Structure of Observed Learning Outcomes*) de Biggs [11] de 5 nivells, a partir de la qual proposa l'alineament constructiu entre objectius, activitats i avaluacions, discutit anteriorment, així com la taxonomia de l'aprenentatge significatiu de Fink [24] que inclou no sols el coneixement, sinó també la dimensió humana dels valors, la motivació i la interrelació amb els altres.

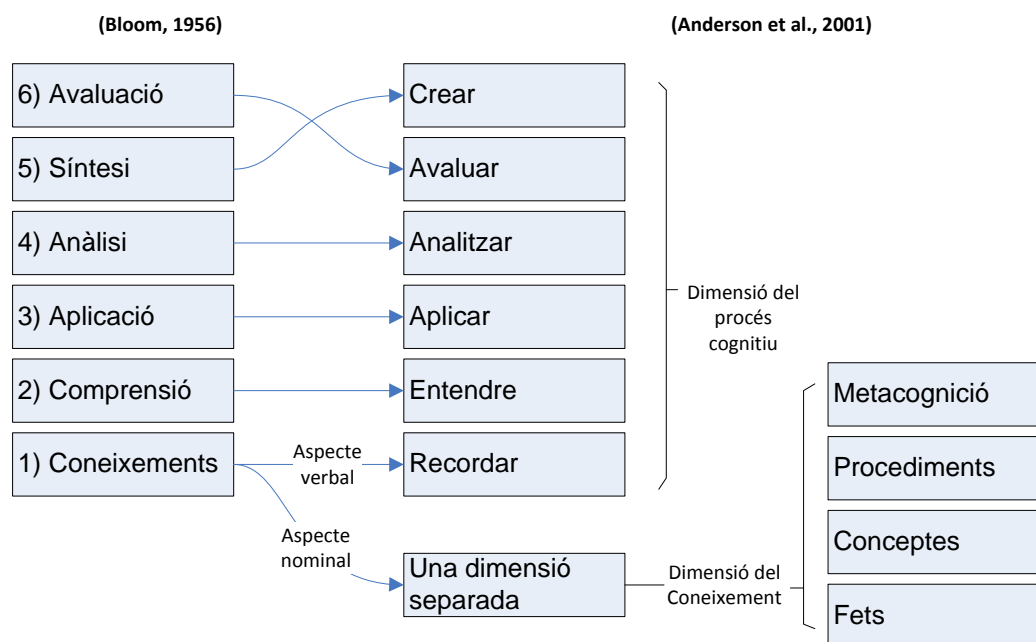


Fig. 20. Canvis estructurals respecte de la taxonomia de Bloom proposats per Anderson et al. [65] i introducció de la nova dimensió del coneixement.

En el cas de la UPC, tal com s'explica a [66] i mostra la Fig. 21, s'ha preferit simplificar-ho al màxim deixant sols tres nivells de competència: coneixement, comprensió i aplicació, suggerint que en realitat aquest últim nivell es pot interpretar com una addició o superposició dels quatre nivells més avançats de la taxonomia original de Bloom. El motiu de fer aquesta simplificació era la introducció de forma senzilla d'aquests nous conceptes en els cursos de formació del professorat, que en el cas que ens ocupa de les enginyeries, no necessàriament havien de tenir una formació prèvia o mínima en aquest àmbit. El pressupòsit inicial era que qualsevol expert en una àrea, ja podia ser professor, sense tenir formació pedagògica. D'altra banda, es va pretendre preparar materials introductoris de redacció d'objectius d'aprenentatge que abastessin totes les enginyeries i l'arquitectura, i moltes vegades la terminologia, o els conceptes associats als sis nivells de Bloom (o a les altres taxonomies), o eren massa genèrics o confusos o eren entesos de diferent manera per professors de les diferents branques de l'enginyeria i arquitectura. Simplificar a solament tres nivells va permetre que molts professors es fessin seus amb més facilitat aquests conceptes inicials sobre planificació d'assignatures a partir dels objectius.

Finalment, segons la Fig. 21, s'intueix fàcilment que per procedir a l'adquisició de coneixement (nivell 1 de la taxonomia), una classe magistral tradicional conduïda pel professor és adequada, tal com també ho seria una presentació gravada prèviament

en vídeo que l'estudiant visiona còmodament des de casa seva, o la recerca de conceptes a través d'Internet, o la lectura d'un llibre sobre la matèria. En canvi, per aconseguir veritablement aplicar el coneixement i valorar les implicacions que comporta realitzar un projecte és fonamental treballar en equip, aprendre a responsabilitzar-se d'una part de la tasca, a criticar el treball amb la resta de companys, a analitzar què cal millorar, a visualitzar i ponderar diverses alternatives i altres moltes habilitats, com presentar públicament i oral el projecte desenvolupat. Així que de ben poc serviria una classe magistral passiva per assolir objectius de nivell 3; no seria el mètode adient, tal com tampoc ho seria la clàssica classe de laboratori o problemes dirigida pel professor, que sí que ens serviria per comprendre i relacionar conceptes que hem adquirit.

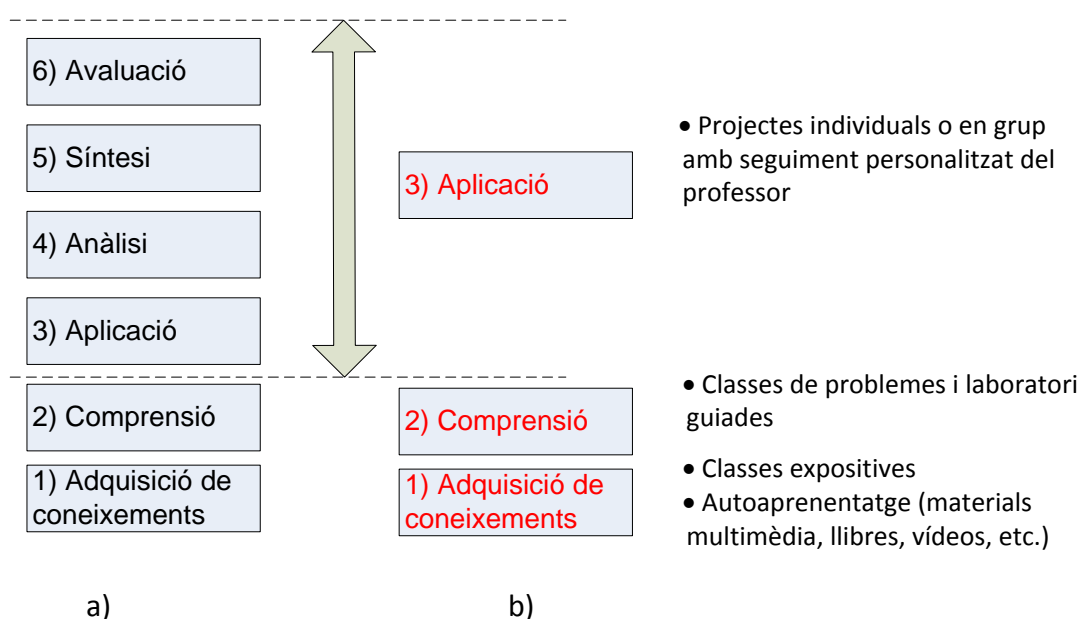


Fig. 21. a) Taxonomia de Bloom, b) taxonomia simplificada que s'ha usat per classificar els objectius d'aprenentatge [66]. S'inclouen alguns exemples d'activitats docents adequades per assolir els nivells simplificats.

Una vegada més, i ara des de la perspectiva de la classificació d'objectius, estem assumint que el mètode tradicional receptiu tan emprat en la pràctica quotidiana a la universitat no és adequat per aprendre en els nivells més alts de competència. A les enginyeries la pràctica habitual sembla que ha consistit a deixar tota aquesta tasca al projecte o treball de fi de carrera mentre ens conformem a mantenir el gruix d'assignatures en els dos primers nivells. D'altra banda, la majoria de les classes són expositives, de teoria, i per tant, adequades per assolir objectius del primer nivell, recordar coneixements, mentre que la majoria dels exàmens tradicionals inclouen problemes de solució única que requereixen que els estudiants apliquin fórmules o receptes, és a dir, objectius de comprensió que s'han d'haver practicat a través de classes de laboratori o de problemes guiades pel professor, i precisament d'aquestes en tenim poques. Així que és fàcil observar la manca d'alineament entre objectius, mètodes i avaluacions en la tasca habitual.

En aquest treball es pretén aprofitar molt més que fins ara les assignatures tradicionals, i per això és necessari que aquestes incloguin també alguns objectius

d'aprenentatge del tercer nivell o *aplicació*. I per aconseguir que l'estudiant aprengui significativament els objectius cognitius classificats de més alt nivell serà necessari transportar-lo o ubicar-lo gran part del temps d'estudi en un nou ambient actiu tant dins com fora de l'aula. Aquest context ens el facilitarà el PBL (secció 2.2) i l'aprenentatge cooperatiu (secció 2.3), i alhora aquesta nova manera de treballar aportarà autonomia a l'alumne i definirà el nou paper que jugarà el professor. És clar que aquesta autonomia que perseguim que adquireixi l'estudiant és la llavor de l'aprendre a aprendre o l'aprenentatge al llarg de la vida, l'objectiu genèric més ambiciós de l'ensenyament superior, tal com s'ha explicat a la Fig. 7 del capítol 1.

Aquesta relació entre autonomia de l'estudiant, nivell cognitiu dels objectius i nivells d'aprofundiment en l'aprenentatge s'explica millor amb la Fig. 22 (Rué [10] i [72]). Es pot aprendre, tot i que no pas de la mateixa forma, des de l'experiència directa o indirecta, amb l'ajuda d'alguna persona o bé amb major o menor autonomia, i el tipus d'aprenentatge pot recórrer tot el ventall d'opcions, des del menys complex, com ara informar-se sobre un tema (primer nivell de Bloom) fins als nivells més alts d'aprofundiment, com avaluar o generar judicis de valor. La Fig. 22 mostra com l'espai d'autonomia més gran arriba fins a un punt en què sols pot ser ocupat pel propi estudiant (E), ja que qui l'ajuda a aprendre, el professor (P), només pot omplir l'espai que el prepara per a l'aprenentatge significatiu.

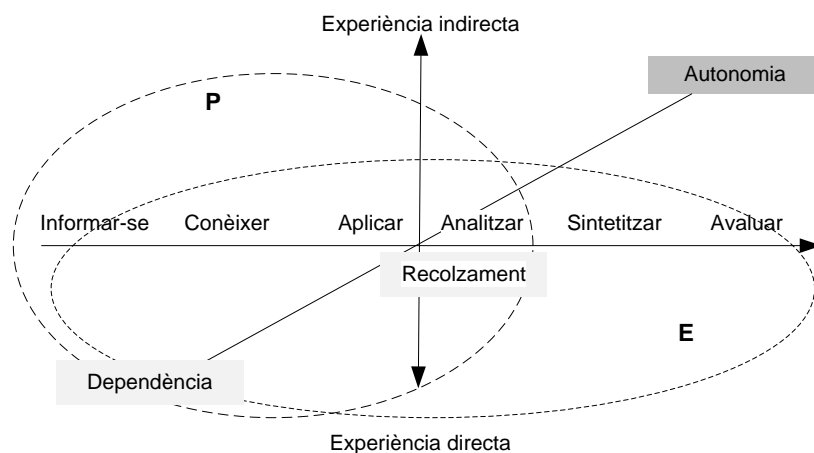


Fig. 22. Grau d'autonomia i aprenentatge significatiu. P representa l'espai d'acció del professor i E, l'espai d'acció de l'estudiant.

De totes formes, Rué també explica que a l'estadi de major autonomia relacionat amb l'aprenentatge significatiu solament s'hi arriba després d'haver realitzat correctament la primera part del recorregut (informar-se, conèixer i aplicar).

Resumint, doncs, la conseqüència de preparar detalladament un conjunt d'objectius d'aprenentatge específics i genèrics incloent-ne del tercer nivell serà que l'orientació que tindran els continguts específics i genèrics i el tipus d'activitats i avaluacions que es realitzaran durant el temps d'estudi estaran molt condicionats, i certament el resultat serà ben diferent del que es considera tradicional.

2.2 El temps d'estudi i la programació d'activitats en PBL

2.2.1 El temps d'estudi

Del marc de l'EEES se'n deriva el concepte nou de *temps d'estudi* que ha de permetre organitzar el curs des de la perspectiva d'un ensenyament centrat en l'estudiant en lloc de fer-ho en el professor, que ha estat el centre habitual fins ara, com es mostra a la Taula 12. A partir d'aquesta nova concepció el procés d'aprenentatge de la nostra matèria per part de cadascun dels estudiants, i no solament els continguts, també serà responsabilitat nostra.

Ensenyament centrat en el professor	Ensenyament centrat en l'estudiant
<ul style="list-style-type: none"> - El professor planifica amb detall què ha de fer a l'aula. El que ha de fer l'estudiant es planifica molt menys. - El professor és al centre del procés. Si no pot fer el que tenia previst, la planificació se'n ressent força (s'endarrereix el temari). - Si l'estudiant no pot dur a terme el seu treball el curs no grinyola pas, la planificació continua, ara bé, amb pitjors resultats acadèmics. 	<ul style="list-style-type: none"> - El professor planifica amb detall què ha de fer l'estudiant també fora de l'aula. - Es requereix l'alineament constructiu entre objectius, mètodes i avaluació. - El professor serà un facilitador de l'aprenentatge i no pas el protagonista. - Si l'estudiant no pot dur a terme el treball no es pot continuar, la programació grinyola. - L'estudiant adopta un paper actiu i responsable en front del seu aprenentatge.

Taula 12. Ensenyament centrat en el professor i centrat en l'estudiant.

El temps d'estudi inclou les hores de classe i les de fora i hem de procurar preparar les activitats per tal de programar tot aquest temps. Perquè, a diferència del model tradicional en què el professor tenia com a tasca principal ocupar-se de preparar classes expositives i exàmens sumatoris, deixant que els estudiants s'organitzessin el temps com volguessin, ara cal programar la instrucció de forma que la resposta dels estudiants influeixi en el contingut, les activitats, els materials i el ritme en què s'aprèn. Fins a cert punt els cedirem el control, els facilitarem oportunitats i els ajudarem que aprenguin individualment i amb l'ajuda dels companys de classe. El que hauran de fer anirà molt més enllà d'assistir a classe i prendre notes d'una matèria preparada pel professor i resoldre exercicis del llibre de text: ara hauran de resoldre problemes, projectes, simulacions, fer estudi de casos i/o altres experiències que requeriran habilitats de pensament crític, creativitat i treball amb els companys.

Una vegada establerts els objectius d'aprenentatge, hem de tractar de planificar activitats a través de les quals ens assegurarem que els estudiants els aprenen. Aquestes activitats, tant a l'aula com fora, abastaran tot el temps d'estudi disponible. En els cursos de formació de professorat [67] hem introduït aquesta secció dedicada a proposar que els professors preparin un pla d'activitats alineats amb els objectius, inspirant-nos en aquesta sentència que ens orienta perfectament cap a on hem d'empènyer:

Pensa't un programa d'activitats de les quals l'alumne motivat no pugui escapar sense haver après, aconsegueix que facin aquestes activitats i, si arriba al final, aprova'l.

Aquesta sentència deriva de la definició de què és ensenyar que proposa Cowan [15]:

I take "teaching" to be: the purposeful creation of situations from which motivated learners should not be able to escape without learning or developing.

De forma que es tractarà fonamentalment de:

- 1) Establir amb detall què han de fer a classe i sobretot fora, sent aquesta darrera una de les novetats del nostre mètode sistemàtic lligada amb la consecució dels ECTS establerts per la matèria.
- 2) Establir lliuraments (fulls amb els dubtes, solucions dels exercicis, etc.) perquè ens mostrin el seu treball i veure directament evidències de què han aconseguit aprendre.
- 3) Establir mecanismes de retroalimentació immediata (correcció per part del professor o autocorrecció o correcció entre companys).
- 4) Permetre que puguin millorar les qualificacions que van obtenint a través dels treballs si és que realment hi estan invertint el temps (amb el consegüent aprenentatge) que suposa corregir i refer les solucions (es tracta d'una tàctica clau que a més redueix l'abandonament). Queda clar que, tal com es proposarà a la secció 2.4 sobre avaluació de l'aprenentatge, si durant el curs no s'han fet les activitats proposades a partir d'un nivell mínim establert de qualitat, no hi haurà manera possible d'aprovar la matèria.

La nostra idea és que en primer lloc ens cal escollir una metodologia activa capaç d'assumir el repte dels nous objectius, i aquesta ja ens procurarà un ventall de tasques propícies a realitzar pels estudiants durant els ECTS assignats d'estudi. Ja hem vist, per exemple a la Taula 4, que hi ha força metodologies actives amb enfocament inductiu, que és el que ens convindrà per assolir els objectius. Així que prenem la decisió de basar els nostres cursos en l'aprenentatge basat en problemes (PBL), una metodologia que encaixa perfectament en aquesta filosofia d'aprenentatge actiu centrat en l'estudiant.

2.2.2 Els problemes

Millor que comencem definint la mateixa paraula *problema*, que a diferència de la majoria de conceptes i terminologia associats a una disciplina, no té una definició única [69]:

- Un problema és una situació estimulante per a la qual una persona, empresa o institució no té una resposta; un problema es genera quan l'individu no pot immediatament i efectivament respondre a una situació.
- Una persona afronta un problema quan vol alguna cosa i no sap immediatament quina sèrie d'accions ha de realitzar per obtenir-la.
- Una persona té un problema quan hi ha una bretxa entre on és ara i on vol ser, i no sap com trobar un camí per travessar-la.

Potser la definició més completa seria: un problema és una tasca que requereix anàlisi i raonament cap a la consecució d'una meta, la solució; ha d'estar basat en el

coneixement de la disciplina sobre la qual es proposa (el problema); no es pot solucionar simplement recordant, reproduint o aplicant algun algorisme, i no queda determinat per la seva dificultat o per la perplexitat que genera a la persona que intenta solucionar-lo.

Així que haurem de distingir clarament el problema dels exercicis acadèmics rutinaris habituals a les classes, en els quals sols cal aplicar un algorisme o un conjunt de receptes per arribar a la solució després d'estudiar la secció del llibre que ens indica el professor, moltes vegades fins i tot de forma mecànica, sense que l'estudiant arribi a entendre què està fent (aprenentatge superficial). Per cert, veurem que ens costarà molt fer entendre als estudiants que els nostres problemes es desprenen dels objectius d'aplicació de tipus 3 i no són simples exercicis per comprendre alguns conceptes de teoria (objectius de tipus 2), als quals, d'altra banda, estan molt habituats i segurament és el que s'esperen trobar també a la nostra assignatura. Aquesta serà una font constant de frustració que sols se solucionarà a mida que transcorri el curs i vegin més clarament les característiques i el rendiment que treuen de les tasques enriquides que els proposem. Ells, erròniament, intentaran resoldre els problemes de seguida, com fan amb els exercicis, a partir de conceptes, regles o equacions que tinguin prèviament memoritzats.

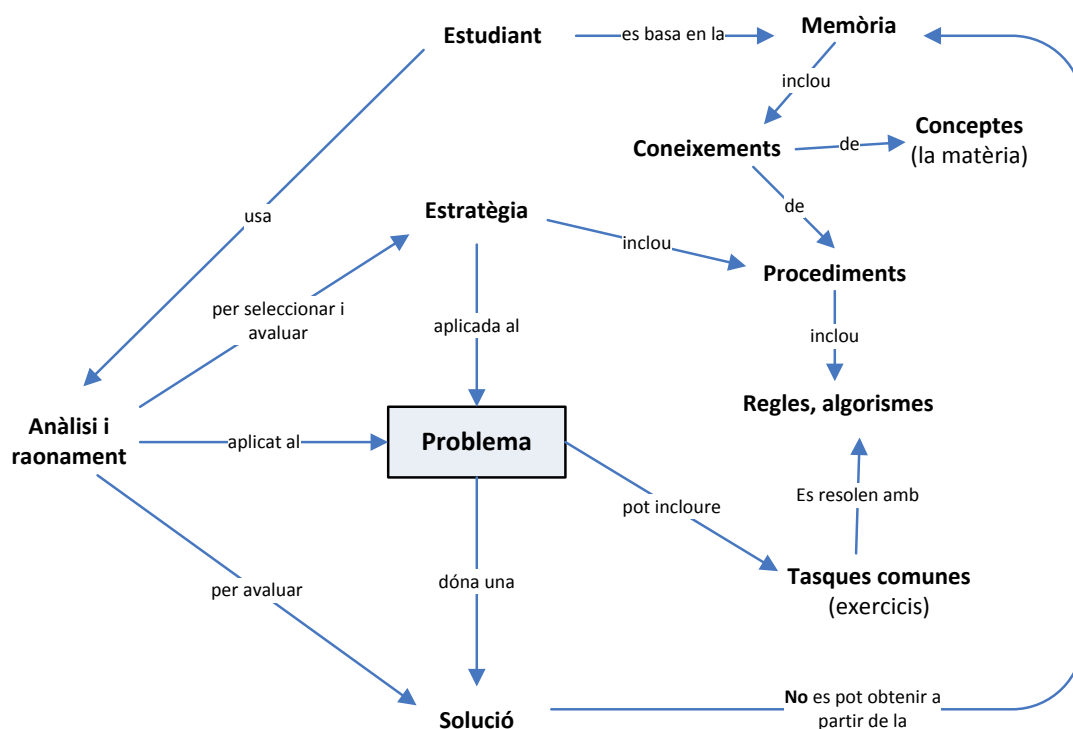


Fig. 23. Un mapa conceptual sobre el terme *problema* segons [69].

El diagrama conceptual de la Fig. 23 explica directament molt bé el concepte *problema* a què ens estem referint amb totes les seves vessants. Necessitarem diverses sessions per solucionar-lo i haurem de definir una estratègia general que probablement el dividirà en seccions o mòduls més fàcilment abastables. Així, observem en el diagrama que els exercicis tindran també la seva ubicació en la resolució del nostre problema: tant en sessions presencials d'aula o laboratori, com

en sessions de treball fora de classe, els estudiants hauran de resoldre exercicis rutinaris o tasques comunes que els serviran freqüentment per treballar els conceptes de teoria amb els quals dissenyaran els submòduls o passos intermedis del problema.

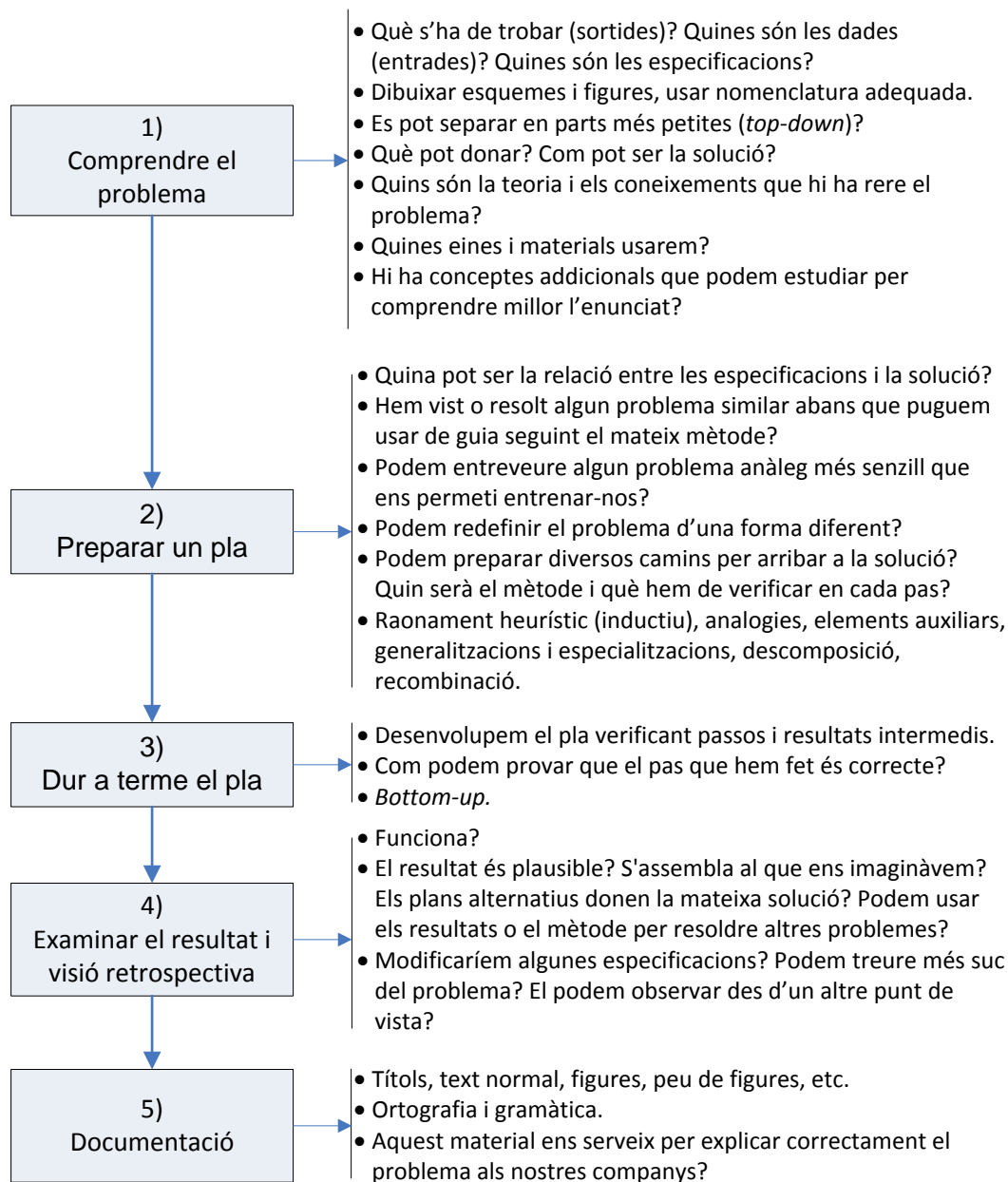


Fig. 24. Com resoldre un problema. Adaptat de Pólya [70] i enfocat al nostre context.

A la pràctica, als professors d'enginyeria ens manen que siguem capaços de formar els estudiants per resoldre els problemes que es trobaran quan desenvolupin la tasca d'enginyers, i aquests problemes del món real seran: multidisciplinaris, poc estructurats, no rutinaris, mal definits, complexos i amb múltiples solucions obertes a la discussió i validació per part d'altres companys de professió. Els nostres futurs enginyers han de desenvolupar l'habilitat de tractar de resoldre una tasca quan no saben què fer o com fer-ho, ja que en el context del món real la incertesa forma part de l'ordre del dia. El nostre treball de docents, per tant, no serà el de qui ho sap tot

de la matèria, el de qui té sempre solucions, sinó simplement el de qui facilitarà l'aprenentatge a través del guiatge en la resolució dels problemes seguint un mètode.

Necessitem per tant un mètode per resoldre problemes, i l'aportació de Pólya [70] de 1945 representada a la Fig. 24 en cinc fases sembla prou completa, útil i adequada per adaptar-lo al nostre context. Com que enfocarem la matèria a la resolució de problemes d'enginyeria electrònica, aplicarem reiterativament el mètode de Pólya a la majoria de dissenys de circuits que proposarem als estudiants, i aquesta insistència ens permetrà assolir uns estàndards de qualitat i facilitar al mateix temps l'avaluació de la feina duta a terme.

2.2.3 Aprenentatge basat en problemes (PBL)

Si plantegem problemes als estudiants abans fins i tot d'explicar-los teoria de la disciplina ens movem en l'enfocament inductiu de la docència, que necessitarà la metodologia PBL, ja molt validada científicament, per exemple [71], [72], [73] i [74].

El PBL és un mètode d'aprenentatge basat en el principi d'usar problemes com a punt de partida per a l'adquisició i integració de nous coneixements en l'estructura cognitiva que ja tenen els estudiants. Els problemes seran com els descrits a la Fig. 23, derivats d'aplicacions del món real, de força complexitat en relació als coneixements que tenen i poc estructurats expressament per intentar motivar-los a què facin l'esforç d'identificar i cercar els conceptes i els principis que necessitaran conèixer per treballar a través del mètode de resolució (Fig. 24) fins que arribin a la solució.

D'altra banda, la complexitat dels problemes proposats serà tal que requerirà organitzar la col·laboració entre els estudiants durant tot el curs perquè puguin afrontar les solucions amb més garanties d'èxit. I aquesta cooperació entre ells determinarà definitivament la forma de treballar, els materials i el format de la majoria de les sessions del curs i de les sessions d'estudi que conduiran ells mateixos fora de classe. Per això el PBL que presentem està íntimament lligat a l'aprenentatge cooperatiu que es descriu a la secció següent, el qual es basa en les teories de construcció del coneixement socialment i individualment.

D'aquesta manera és possible veure el PBL com una tècnica d'instrucció que posada en marxa a través de diversos cursos de ben segur ens permet assolir, a més d'autonomia i autoregulació, gran part dels objectius específics i genèrics del grau, com ara:

- Pensament crític i habilitat de resolució de problemes per analitzar i afrontar situacions complexes del món real.
- Cercar, avaluar i usar correctament fonts d'informació.
- Cooperació amb altres estudiants, aportant cadascú les seves habilitats per desenvolupar projectes en equip.
- Demostrar comunicació efectiva tant verbal com escrita.
- Utilitzar els coneixements disciplinaris i les habilitats intel·lectuals adquirides a la universitat per esdevenir aprenent al llarg de la vida.

El cicle del PBL típic, que té els seus orígens en escoles de medicina [71], es pot establir en els quatre passos següents, explicats a la Fig. 25:

- 1) Es presenta un problema (en el nostre cas es tractarà generalment de problemes de disseny de circuits). Els estudiants, normalment en grups-base (vegeu la secció següent), organitzen les seves idees i coneixement previs en relació al problema fins a entendre què se'ls demana.
- 2) A través de la discussió i la formulació de preguntes, els estudiants tracten de fer-se una idea dels aspectes del problema que no comprenen. Se'ls encoratja contínuament a anar descobrint i definint què és el que saben i sobretot el que encara no saben.
- 3) Els estudiants ordenen les qüestions que han d'aprendre i determinen què poden dur a terme en grup i què poden assignar a individus concrets que més tard ho explicaran a la resta del grup. El professor ajuda a seleccionar recursos que necessitaran per dur a terme l'aprenentatge o bé indica on els poden trobar.
- 4) Quan es tornen a trobar integren els coneixements nous que han après en el context del problema i la discussió s'orienta a connectar els conceptes nous amb els vells. I així cíclicament, fins que es van acostant a una solució. De seguida veuen que és un procés d'aprenentatge que no s'acaba, i que fins i tot per al professor hi haurà moltes coses a explorar.

Val a dir que el PBL que estudiem és molt similar a l'aprenentatge basat en projectes descrit com a mètode d'instrucció a la Taula 4. Ambdós mètodes proposen als grups d'estudiants resoldre problemes oberts relacionats amb la seva futura professió amb estratègies que impliquen planificar el procés per arribar a solucions vàlides i avaluar resultats a mesura que es va avançant. De vegades s'utilitzen indistintament els dos termes en la literatura –*problem/project-based learning*–, i potser la diferència més significativa rau en el fet que els projectes són més ambiciosos que els problemes, es treballen durant més setmanes, i bàsicament el seu l'objectiu principal se centra en l'obtenció del producte final: el prototip de laboratori, el programari, la memòria o la presentació oral. En aquest sentit el BIE [75], per exemple, els materials del qual s'han usat de llibre de text a l'EETAC perquè els professors duguin a terme iniciatives PBL, defineix l'aprenentatge basat en projectes focalitzat en estàndards (*standards focused project-based learning*) com un mètode sistemàtic d'instrucció que involucra i compromet els estudiants en l'aprenentatge de coneixements i habilitats a través d'un ampli procés d'indagació, estructurat al voltant de preguntes complexes i tasques –els projectes– acuradament dissenyats.

El projectes, segons el BIE, presenten les característiques següents:

- Reconeixen la capacitat inherent dels estudiants d'aprendre, la seva capacitat de realitzar un treball important.
- Els involucren en els conceptes principals de la disciplina. El treball del projecte és central en el currículum i no pas per treballar coneixements secundaris del temari.
- Inclou assumptes de força interès o qüestions que condueixen els estudiants a dur una exploració en profunditat de la matèria.

- Els projectes requereixen l'ús d'eines tecnològiques i habilitats imprescindibles de la disciplina, a més de capacitat de gestió i autoaprenentatge.
- L'execució del projecte es basa en tècniques de resolució de problemes i d'aplicació rigorosa del mètode científic.
- Les discussions i solucions generades pel projecte permeten una realimentació formativa freqüent i l'oportunitat d'aprendre per experiència com els veritables professionals.
- L'ús de criteris de correcció basats en estàndards de qualitat permet l'avaluació rigorosa de treballs, incentivant els estudiants que tractin de fer els treballs amb la màxima atenció.
- Els projectes encoratgen la col·laboració, ja sigui per treballar en equip, per realitzar presentacions liderades pels propis estudiants o per avaluar els treballs amb participació de tota la classe.

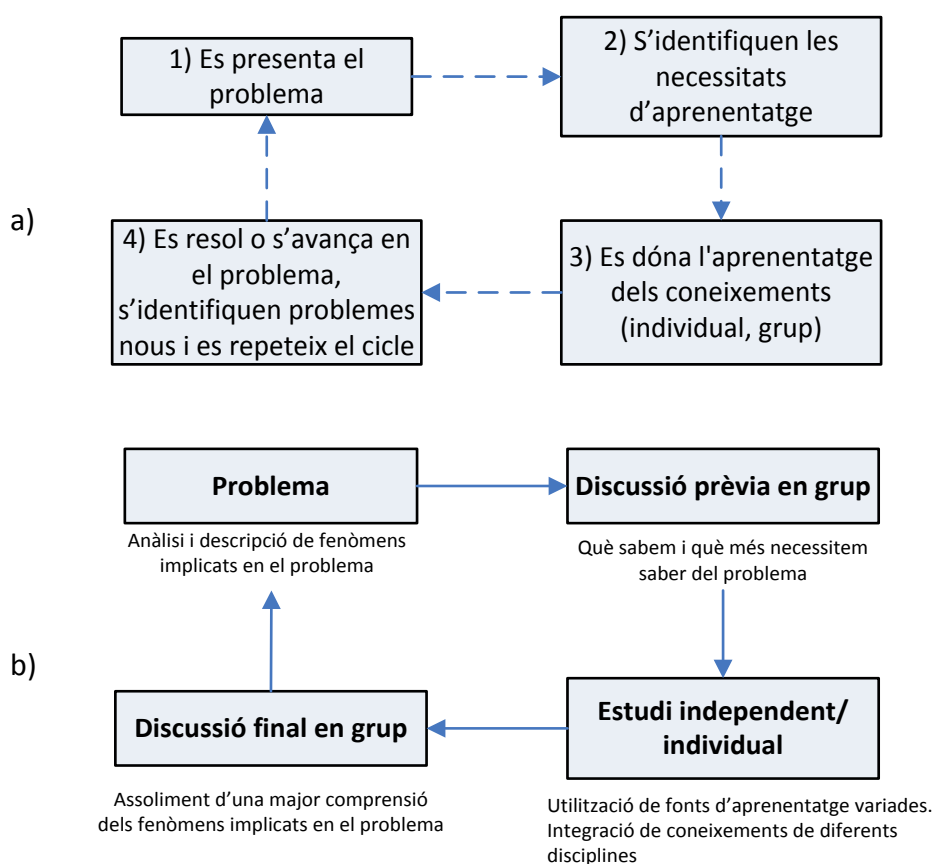


Fig. 25. a) Passos del cicle PBL, b) el PBL des de la perspectiva de l'estudiant.

La majoria d'aquestes propietats és assimilable al PBL pel que fa al procés i reforça el paper transcendental que l'obtenció d'un producte d'una qualitat preestablerta implica. Defensa que l'evidència, els resultats d'acabar el projecte, és el que és més fàcil d'avaluar segons uns estàndards preestablerts, i en això hi estem d'acord. La nostra proposta és desenvolupar un PBL que, per aprendre els objectius, sempre que sigui possible, posi èmfasi tant en el procés com en el producte final. L'experiència ens ha fet plantejar el PBL d'aquesta forma tan ambiciosa per obtenir uns avantatges màxims, tot i que els dos factors es podran modular atenent al tipus d'assignatura i la

seva ubicació al pla d'estudis. Aconseguir un bon producte final serà més senzill en assignatures avançades, ja que requerirà disposar de coneixements apresos anteriorment i usar amb solvència competències genèriques, una de les quals, l'autoaprenentatge. És a dir, els projectes es durien a terme millor en assignatures de cursos avançats i els problemes, en assignatures introductòries.

Fins aquí, la resolució de problemes. Pel que fa als continguts, cal transformar-los en petites unitats o tòpics per incloure'ls en els problemes, de manera que els diferents tòpics quedin organitzats i seqüenciats durant el curs segons la Fig. 26. No hi ha temes separats i independents, sinó un continuïum en què els coneixements del primer problema seran la base per poder treballar el segon i així successivament segons les teories d'aprenentatge actiu i significatiu explicades en el capítol anterior. Els tòpics s'aprenen per repetició, per ús en contextos similars anàlegs, els problemes es reaprofiten amb la intenció que els estudiants arribin a interioritzar mapes conceptuals cada vegada més substanciosos. Un procediment que permetrà també enllaçar assignatures en vertical en cursos successius. Es tracta d'un gran repte de construcció de coneixement, ja que tradicionalment aquesta no és la forma d'organitzar cursos complets, i d'aquí l'interès de les experiències descrites en els capítols següents respecte a la disciplina de la tecnologia electrònica. Quant a una assignatura tipus *calaix de sastre*, on hi ha d'haver una mica de tot, no és possible organitzar-la tal com pretenem, sense replantejar-ne el contingut a nivell de pla d'estudis.

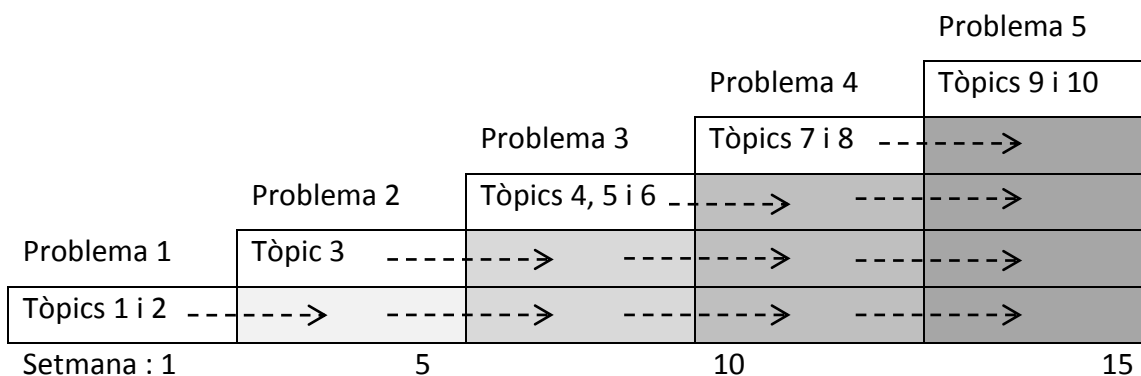


Fig. 26. Exemple de matèria d'assignatura organitzada en tòpics distribuïts en problemes durant el curs [24].

Finalment val a dir que des de la nostra perspectiva d'enginyeria tenim l'avantatge addicional que el PBL propicia un escenari de treball que intenta emular el d'una empresa del sector. Les estratègies disponibles, els coneixements, les eines de treball, la planificació per arribar a la solució, les fonts d'informació seran els propis del món industrial, i aquest serà un aspecte motivador addicional. Per als estudiants, recórrer l'espai de l'assignatura representarà avançar el període de pràctiques d'empresa sense haver de moure's de l'escola.

2.3 L'aprenentatge cooperatiu (AC)

2.3.1 Les bases de l'AC

En aquest apartat tractarem de desglossar els trets més significatius de l'aprenentatge cooperatiu (AC) o *cooperative learning* (CL), l'estratègia clau en la qual se sustenta aquesta tesi i que realment representa un canvi substancial respecte de la metodologia tradicional. Hi ha un volum impressionant de publicacions sobre aquesta metodologia, per exemple les cinc de [76] a [80], i a més ja està molt difós entre la comunitat universitària després d'aquesta última dècada en què s'han dut a terme plans pilot sobre noves metodologies docents, de manera que no cal ser gaire exhaustius a l'hora d'explicar-ne les bases perquè són prou conegudes. És també una de les metodologies que més s'està difonent a través de cursos de formació del professorat per les possibilitats que ofereix de practicar competències genèriques, pel contrast que presenta respecte del mètode tradicional i perquè de seguida suscita polèmica, dialèctica i interès entre els assistents. Per elaborar aquesta secció s'han usat materials del Grup d'Interès en l'AC (GIAC) de l'ICE de la UPC [81].

L'AC fa referència a la metodologia en què l'organització de la classe i de les hores d'estudi en general es basen en grups petits i heterogenis on els alumnes treballen conjuntament de manera coordinada per resoldre tasques acadèmiques i aprofundir en el seu propi aprenentatge. La interacció entre els alumnes de la classe no tenia importància perquè es tenia assumit que cadascú era responsable del seu aprenentatge. I en tot cas la relació era de competència, de forma que cadascú anava a la seva. A través d'aquest mètode es pretén extreure la màxima potencialitat als estudiants, precisament a partir de la cooperació estructurada entre ells. Els germans David i Roger Johnson ([76] i [77]) han definit l'AC com aquella situació d'aprenentatge en què els objectius dels participants estan estretament enllaçats, de manera que cadascun d'ells "només pot assolir els seus objectius si i només si els altres també aconsegueixen el seus". Juntament amb Karl Smith, van establir els cinc punts clau que defineixen situacions d'AC:

- 1) Interdependència positiva: quan els components del grup són conscients que l'èxit final de cadascú depèn de l'èxit dels altres membres del grup. Ningú aconsegueix els objectius si no ho fa també la resta de membres del grup.
- 2) Responsabilitat individual: cada membre del grup ha de ser responsable de contribuir amb la seva actitud i treball a la consecució de l'èxit del treball col·lectiu. La contribució de cada membre s'ha d'evidenciar a través de les activitats, de manera que quedi clar en tot moment qui participa, qui necessita més ajuda, etc.
- 3) Interacció cara a cara: perquè els membres del grup promoguin les explicacions entre si, les discussions, la recerca d'informació, la planificació de l'activitat, s'asseguri l'aprenentatge mutu dels continguts i es faci palès el nivell que va assolint cadascú.
- 4) Habilitats per al treball en grup: els estudiants han d'aprendre, a part del temari acadèmic, a treballar en grup, i aquest objectiu és molt més ambiciós que la simple memorització de contingut o preparació d'un treball individual. Han de practicar lideratge, presa de decisions, confiança mútua, gestió del

temps d'estudi, comunicació efectiva dels continguts disciplinaris, resolució de conflictes, etc. I els professors han de transmetre aquestes habilitats amb la mateixa dedicació i seriositat amb què treballen els continguts específics.

- 5) Reflexió sobre el treball del grup: amb la intenció que ells mateixos avaluin com s'està funcionant i si s'estan assolint els objectius. Aquesta anàlisi interna del funcionament del grup i de la tasca individual que ha fet cadascú permet descobrir els punts forts i febles del grup i, consegüentment, detectar comportaments per millorar i conflictes per resoldre.

Aquestes cinc condicions produeixen una situació ben diferent del clàssic treball en equip, habitual per exemple en les sessions de laboratori, el qual es planteja moltes vegades simplement per la limitació que imposa la instrumentació disponible. El treball cooperatiu diferirà del grup tradicional en la composició dels petits grups, l'organització i la distribució de la tasca, la implicació de cadascú, el nivell d'exigència i el grau de control mutu. És correcte comparar l'efectivitat potencial d'un grup cooperatiu en relació al treball individual de cadascú dels seus membres, tal com mostra la Fig. 27, tot i que val a dir que pràcticament mai, i menys en assignatures dels primers cursos, s'assoleixen aquests grups cooperatius d'alt rendiment.

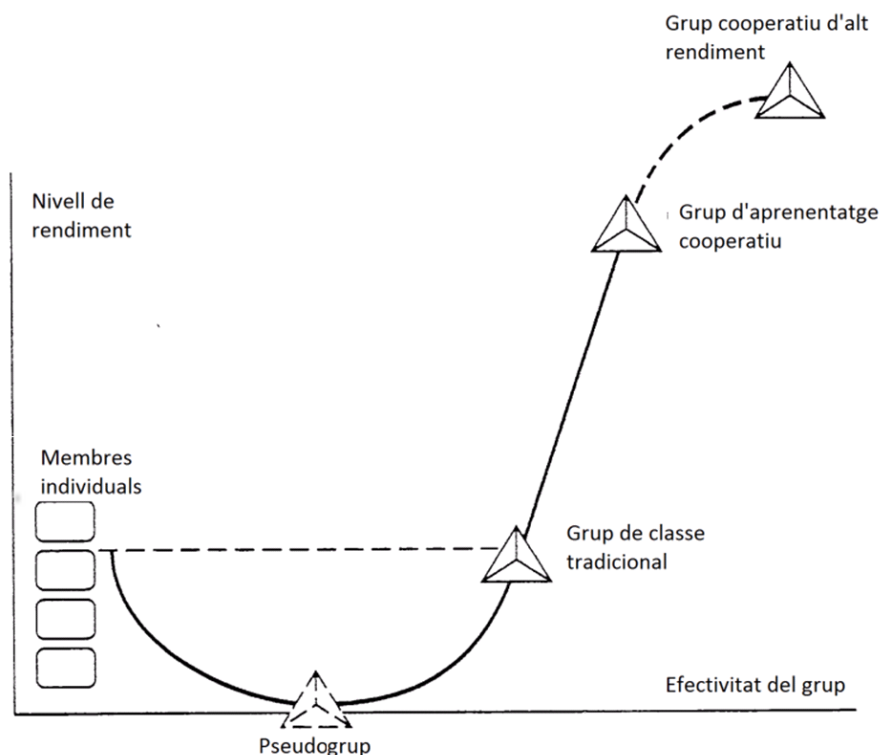


Fig. 27. Rendiment en funció de la mena de grups que s'organitzen [77].

Ja veurem en el capítol 3 que per treballar efectivament en cooperació caldrà planificar amb detall les activitats a desenvolupar en pràcticament tot el temps d'estudi, i per això es durà a terme conjuntament amb l'estratègia del PBL descrita anteriorment i ens allunyarem del vell paradigma. Crear les condicions perquè s'assoleixin els cinc punts no és una tasca senzilla en la qual hi hagi dreceres, sinó que el professor haurà de ser disciplinat i esmerçar la màxima atenció a preparar les bases perquè es doni aquesta mena d'aprenentatge. Serà necessari posar-se d'acord

sobre què cal fer, planificar la forma de dur-ho a terme, què s'ha de fer conjuntament i què individualment per assegurar uns mínims d'implicació de cadascú, establir els barems o les rúbriques per a un treball de qualitat que serveixi també per incentivar l'autocorrecció i finalment, recomençar el cicle el curs següent a partir de la reflexió sobre l'experiència. En definitiva, s'observa que el desplegament de l'AC requereix posar en marxa una metodologia d'investigació-acció.

2.3.1.1 Avantatges de l'AC

Tot i que inicialment representa una feina considerable per als professors estructurar els grups de cooperació, i sobretot per als estudiants avesar-se a treballar tothora en grup, prendre's seriosament la realització d'activitats en grups cooperatius té molts avantatges. Per exemple:

- La motivació per la tasca amb actituds d'implicació i iniciativa per part de tots els membres. La relació social que s'estableix en el grup permet treure profit del millor de cadascú.
- El grau de comprensió del que es fa i de perquè es fa. S'assoleixen els coneixements específics més significativament, al mateix temps que s'aprofundeix en el desenvolupament de procediments.
- El volum i qualitat de treball realitzat. La discussió i la comunicació entre els membres del grup i els professors permet resoldre més problemes i amb solucions més ambicioses que les plantejades pels alumnes individualment.
- Promou la implicació activa de l'estudiant en el procés d'aprenentatge, a diferència de la participació en classes expositives, en què pot estar absent. La participació en les tasques assignades al grup l'obligarà a activar-se durant tot el temps d'estudi.
- La interacció amb els companys sobretot fora de classe, les explicacions dels materials d'estudi entre els propis membres del grup els permetran estudiar conceptes entre ells mateixos al seu ritme i usant el seu propi llenguatge, moltes vegades més proper al seu nivell cognitiu que l'usat pel professor. Haver d'explicar amb claredat la matèria als teus propis companys també facilita que tu mateix n'assoleixis una millor comprensió, com va dir Sèneca: qui docet discit (qui ensenya, aprèn).
- L'ús de grups cooperatius redueix l'abandonament, ja que una assignatura complicada en què un de sol es veuria fàcilment aclaparat des de les primeres setmanes, pot no ser-ho tant si s'assoleixen les fites en grup. Amb tot, la interdependència positiva i mantenir el compromís de treball continu amb els companys de grup requereixen voluntat i desplegament d'habilitats interpersonals.
- Independitzar-se del professor per treballar les matèries i haver de valorar l'esforç de cadascú i la contribució dels companys a la feina de grup els permetrà adquirir un esperit crític més aviat, aprendre a resoldre situacions conflictives, a encarar problemes complexos amb perspectiva i experiència i, en el fons, els prepararà per a l'aprenentatge autònom al llarg de tota la vida.
- Es desenvoluparà l'habilitat de la comunicació oral i escrita. Tindran a l'abast la possibilitat d'elaborar i explicar textos tècnics fins al nivell de qualitat que

decideixin (a partir de l'estàndard mínim indicat pel professor). I el mateix es pot dir d'altres habilitats com el lideratge, la preparació per treballar professionalment amb col·lectius diversos, la gestió del temps...

Incidint en els avantatges, la Taula 13 mostra la comparativa de les característiques de tres estratègies instruccionals que podem usar per organitzar el curs: aprenentatge individual, competitiu i cooperatiu. Els autors [77] ens indiquen que en una classe ideal les tres s'haurien d'incloure, tot i que el gran pes –entre el 60 i el 70%– hauria de recaure sobre l'activitat cooperativa, és a dir, es pot ubicar algunes activitats individuals i de competició entremig d'un marc general orientat a la cooperació. Els autors asseguren que a través d'activitats en cooperació s'obté millor productivitat a l'aula (vegeu la Fig. 27), s'estableixen relacions positives entre els estudiants (valoració de la diversitat, empatia, suport acadèmic i social), i es millora la salut psicològica dels individus (autoestima i identitat, habilitat per lluitar contra situacions adverses i estressants, etc.).

Cooperatiu	Competitiu	Individual
Lluita per assolir l'èxit de tots els membres del grup.	Lluita per ser millor que els altres.	Lluita per assolir solament l'èxit propi.
El que em beneficia a mi beneficia a tots.	El que em beneficia a mi entorpeix als altres.	El que em beneficia a mi no afecta els altres.
Se celebra l'èxit de tot el grup.	Se celebren l'èxit propi i la derrota dels altres.	Sols se celebra l'èxit propi.
Hi ha motivació per ajudar i fer progressar els altres.	Motivació per assegurar-se que ningú ho fa millor que tu.	Motivació sols per maximitzar la pròpia productivitat.

Taula 13. Característiques de tres situacions d'aprenentatge que podem programar durant el curs.

Hi ha literatura que diferencia entre els conceptes *cooperatiu* i *col·laboratiu*, per exemple el mateix IEEE pren col·laboratiu i no cooperatiu com a paraula clau per classificar articles. Després d'una revisió d'aquestes fonts, s'observa que les teories en què es basen són ben similars: el constructivisme i el cognitivisme social (vegeu la Taula 2). Barkley [78] assenyala que Karl Smith i els germans Johnson van realitzar el gruix del seu treball amb estudiants de secundària, i en centrar el seu interès en els estudis superiors van continuar usant el terme cooperatiu. Barkley creu que els objectius i les característiques de l'aprenentatge cooperatiu són més adients per als estudiants de secundària i batxillerat i que per als estudiants universitaris s'escau millor l'aprenentatge col·laboratiu. Per a Barkley la meta de l'AC és treballar plegats en harmonia i suport mutu per trobar solucions; en canvi, la meta de l'aprenentatge col·laboratiu consistiria més aviat a desenvolupar persones autònomes i amb pensament crític, fins i tot quan aquest objectiu comportés desacord o competició. S'ha de dir que Johnson i Smith també reivindiquen que el conflicte intel·lectual i les discussions són bones oportunitats per aprendre i avançar en el treball en grup. Així que, a efectes pràctics, usarem ambdós conceptes indistintament, reconeixent que en la literatura d'educació superior hi ha molta confusió respecte a aquestes denominacions.

Slavin [79], un dels teòrics que més ha estudiat metodologies d'AC, ens adverteix dels perills més grans en què podem incórrer si despleguem experiències d'aprenentatge cooperatiu mal concebudes o incompletes: 1) l'efecte *free rider*, o possibilitat que alguns estudiants del grup facin tota la feina –i en conseqüència l'aprenentatge– mentre els altres simplement s'hi afegeixin amb actitud passiva o fins i tot obstructiva, sense altre compromís que apuntar-se les bones qualificacions; 2) ignorar o deixar de banda els estudiants del grup que tenen menys habilitats si els altres membres s'adonen que hi ha pocs incentius a l'hora d'ensenyar a aquests companys.

Es tracta, d'una banda, d'aconseguir la convivència entre l'avaluació individual de coneixements i competències i el treball cooperatiu, clau de volta a l'hora de discutir aquestes metodologies amb altres docents [81] i que Oakley ha tractat de plasmar en l'article que habitualment s'analitza com exemple en aquests cursos de formació de professorat: *Turning student groups into effective teams. Coping with hitchhikers and couch potatoes on teams* [82]. De l'altra, de crear en l'estudiant una actitud de no-rebuig i despertar-li l'interès per l'aprenentatge significatiu de coneixements i el desplegament de competències de caire social. Conscients d'aquesta problemàtica, ens hem esmerçat la realització d'esquemes d'avaluació que mostrin el nivell d'assoliments individuals reals dels alumnes que treballaran de forma cooperativa.

2.3.1.2 Aprenentatge cooperatiu informal, formal i amb grups-base

L'aprenentatge cooperatiu pot donar-se en tres tipus de grups: informals, formals i de base:

- Els grups informals es constitueixen per discutir qüestions o resoldre problemes en una sessió de classe. Són grups que existeixen durant un breu període de temps. Aquests grups, per exemple, faciliten el desplegament de la tècnica del puzzle a l'aula.
- Els grups formals estan encaminats a resoldre una tasca amb una durada que va des d'una sessió fins a diverses setmanes i acabaran signant conjuntament un exercici proposat.
- Els grups-base són a llarg termini (per exemple, tot el curs o diversos cursos) i controlen la progressió de cadascun dels seus components en àmbits que poden fins i tot anar més enllà d'allò merament acadèmic.

Evidentment, el treball amb grups-base és el més ambiciós i el que permet treure el màxim de les situacions de cooperació. És evidentment el que comporta una implicació més gran del docent, el que més sorprèn i exigeix als estudiants, i el que desemboca en les vivències més allunyades del paradigma tradicional. Les experiències presentades en aquest treball se sostenen sobre grups-base.

2.3.2 La posada en marxa de l'AC

Implementar els cinc punts de l'AC a través de la programació d'activitats i l'organització acurada de la matèria es converteix en tot un repte al qual el professor s'ha d'enfrontar amb decisió si vol assolir l'èxit i la continuïtat. En pocs quadrimestres

li canviarà tot, la visió que té del temari, la preparació de notes de classe, el tipus de problemes i activitats que proposa, com corregeix, com organitza els horaris i els professors que participen en les sessions, etc. Johnson [77] explica l'evolució en el temps que experimenten els docents a l'hora d'integrar aquesta metodologia per desenvolupar la instrucció:

1) No usen l'AC.

No n'han sentit a parlar o bé estan sotmesos a diverses pressions que impossibiliten noves metodologies instruccionals.

2) Prenen la decisió d'usar-lo i comencen la preparació inicial

Els professors s'informen sobre la metodologia a través de cursos o tallers i mostren prou interès per voler-la provar en alguna de les seves classes.

3) Ús inicial (menys del 10% del temps)

Les qüestions logístiques com ara moure les taules o escollir els grups són les prioritàries, així com determinar com s'organitzaran la interdependència positiva i la responsabilitat individual.

4) Ús de principiant (fins a un 20%).

Els professors els preocupa com monitoritzar la cooperació entre grups i el recompte d'experiències positives que es puguin compartir entre tota la classe o entre els grups. També pretenen ensenyar als estudiants a observar-se perquè es facin una idea clara de com ho estan fent com a grup. I això comporta facilitar als estudiants tècniques de col·laboració i d'organització de les sessions per treure'n el màxim profit. El tema ja no és com formar els grups, sinó quines habilitats són necessàries per fer-los funcionar.

5) Ús mecànic (fins a un 50%) i rutinari (més del 50%)

En aquest cas els professors ja segueixen els procediments generals de l'AC. Es tracta d'usar tècniques diferents, pensar ja en l'organització cooperativa de capítols complets de la matèria més que no pas en una classe determinada, d'estendre l'ús de l'AC a diferents assignatures, de veure com alternar sense problemes l'AC amb l'aprenentatge individual. Així mateix, el professor es preocupa d'integrar el temari i les competències genèriques perquè ja és conscient –ho ha comprovat pràcticament– que així s'aprenen ambdues amb més eficàcia.

Quan un professor usa rutinàriament l'AC es pot dir que ha après ja a abordar espontàniament tant les qüestions d'aprenentatge de tècniques de col·laboració com el propi temari. Segons sigui la matèria, escull la tècnica que resulta més eficaç sense problemes.

En el context de Biggs presentat en el capítol 1, el docent passa de ser un professor del tipus 2 a ser un professor reflexiu del tipus 3. La majoria de professors no faran el canvi de cop sinó que invertiran uns anys en el procés, que de fet representa aprendre de nou a impartir classe.

Evidentment, el volum de feina que representa per al docent implicar-se fins aquest punt en la preparació acurada de la seva docència té un premi, i és que els estudiants aprendran molt més i més profundament. I per això és una feina inexcusable, almenys així ho ha estat per a l'autor de la tesi. Cap professional pot deixar d'incorporar a la seva professió els resultats de la recerca en la seva àrea. I en aquest cas, certament l'AC és un dels paradigmes educatius més ben documentat i sobre el qual s'ha investigat més. Per a cadascuna de les seves virtuts es poden citar diversos treballs d'investigació que la sustenten.

En cada sessió, el desafiament per al professor consistirà no pas a assegurar-se que ha impartit tot el material sinó a acompanyar els estudiants mentre ells mateixos el van descobrint. La forma de treballar veurem que s'assembla a la dinàmica que ja hem especificat per altres metodologies [76]:

- a) Treball abans de les sessions. El professor ha de formular els objectius, especificar la grandària dels grups cooperatius, escollir el mètode per assignar els estudiants en grups, decidir si vol que els membres dels grups tinguin rols específics, preparar l'aula i els materials d'estudi que permetin el treball en cooperació.
- b) Explicar la tasca i el format de treball cooperatiu als estudiants en cada sessió, què hauran de produir per assolir els objectius, quina missió tindrà cadascú i quines seran les responsabilitats individuals i en relació al grup i explicar quina conducta s'espera observar per part seva durant les sessions.
- c) Monitoritzar i intervenir mentre s'està duent a terme la sessió, detectant les situacions en què cal ajudar, guiar o aportar solucions per resoldre problemes i millorar l'eficàcia del treball en grup. Així mateix, donar orientacions clares de què cal realitzar fora de l'aula en les sessions en què els estudiants treballaran autònomament.
- d) Avaluar i reflexionar. El volum de treball desenvolupat i la qualitat d'aquest s'avaluarà per tal d'oferir feedback i reflexió immediata per detectar i actuar sobre les situacions en les quals no s'ha obtingut el que s'esperava. Es donaran indicacions als estudiants per a que millorin o se'ls felicitarà en cas que hagin assolit els objectius.

2.3.2.1 Els trets comuns de les nostres experiències

Hi ha moltes formes de dur a terme les experiències d'aprenentatge cooperatiu, que a més es multipliquen si les posem en marxa amb activitats PBL. Conclourem aquesta secció presentant les opcions de l'AC en què ens hem concentrat i que ens trobarem a la majoria de les experiències que es descriuran al capítol 3:

- Grups-base de tres estudiants amb ajuda del professor a l'hora de formar els grups. No hi ha una mida ideal per al treball en grup, dependrà del tipus de tasca i precisament de l'experiència dels estudiants pel que fa al desplegament d'habilitats genèriques. En estudis de grau hem constatat que els grups de tres estudiants són molt millor que els de quatre, cinc o més estudiants.
- Monitorització gradual del funcionament dels grups durant el curs i intervenció del professor en la resolució de conflictes. En estudis de grau, a grans trets, hem comprovat que al voltant d'un 70% dels grups funcionen i s'ha d'intervenir en els altres.
- Seguiment de les tasques realitzades pels grups amb *feedback* formatiu. Presa de decisions immediates si s'observen problemes pel que fa a la programació prevista. Veurem que, moltes vegades, sorprenentment, des de les primeres activitats també es possible fer prediccions sobre quina serà la qualificació final a què arribarà cada grup. Això ens donarà marge de maniobra per reorientar el rumb.
- Ús de grups informals de tant en tant per realitzar alguns puzles a l'aula. L'objectiu és reduir les explicacions al mínim.
- Ús dels manuals de Gibbs [80] per preparar tutorials i explicar als estudiants les característiques del treball en grup que hauran de dur a terme i quin nivell de professionalitat s'espera d'ells.

Naturalment que integrant les tècniques d'aprenentatge cooperatiu per aprendre l'assignatura contribuïm al desplegament de la competència genèrica del treball en grup que, a l'EETAC s'ha descrit segons la rúbrica de la Taula 14.

Criteris	Nivell 3 (avançat)	Nivell 2	Nivell 1 (bàsic)
1. Organitzar i dirigir reunions eficients	Prepara una agenda clara per a la reunió. Elabora una acta amb les conclusions. Intervé per evitar que la reunió es desviï dels objectius traçats. Intervé perquè es respecti la temporització prevista. Fa el seguiment de les accions acordades a la reunió.	Identifica els aspectes que han anat bé i els que no en una reunió a la qual has assistit d'observador.	Describeix les característiques d'una reunió eficient (característiques d'una bona agenda de reunió, una bona acta, etc.).
2. Generar idees creatives i viables	Organitza i dirigeix una sessió de <i>brainstorming</i> (tempesta d'idees).	Participa en una sessió de <i>brainstorming</i> i identifica què s'ha fet bé i què s'ha fet malament.	Explica les característiques d'una sessió de <i>brainstorming</i> i com s'ha d'organitzar i dirigir.

3. Resoldre els conflictes que es produeixen en el grup	Pren les mesures pertinents per resoldre els conflictes que s'han produït.	Identifica la naturalesa dels conflictes que s'han produït en el propi grup de treball.	Explica els tipus de conflictes que poden produir-se i possibles accions per resoldre'ls.
4. Elaborar un pla de treball per al grup i un pla de seguiment per assegurar que el treball es realitza	Construeix un pla de treball i un pla de seguiment per realitzar una tasca de grup. Pren les mesures necessàries per aconseguir que el pla es desplegui tal com està previst.	Completa un pla de treball incomplet que inclogui: prioritats, criteris de qualitat, resultats parcials i finals i temporització.	Explica les característiques d'un bon pla de treball de grup. Explica les característiques d'un format possible per documentar el pla de treball d'equip.
5. Avaluar el funcionament del grup	Analitza les dades i determina els punts forts i els aspectes que cal millorar del grup.	Utilitza correctament els instruments de recollida de dades sobre el funcionament del grup.	Describeix tècniques que permetin analitzar i avaluar el funcionament del grup.

Taula 14. Rúbrica elaborada a l'EETAC que especifica els tres nivells de qualitat en què s'assoleixen els criteris que descriuen l'habilitat del treball en grup.

Les nostres experiències en estudis d'enginyeria tècnica o grau quedaran limitades al primer nivell o al segon, atenent a la posició de l'assignatura en el pla d'estudis. Els descriptors de 3r nivell apunten a projectes de fi de carrera en grup o directament als estudis de màster on, gràcies a les competències prèvies dels estudiants ja titulats, es podran dur a terme experiències de treball cooperatiu en equips de quatre o més estudiants que previsiblement podran resoldre amb èxit projectes més ambiciosos.

2.4 Avaluació continuada de competències

L'avaluació és un procés molt general. Consisteix a recollir informació de diverses fonts amb un propòsit determinat i pot ser duta a terme per col·lectius o bé per individus. La Fig. 28 mostra la relació dels principals conceptes que s'examinaran en aquesta secció. Tradicionalment avaluar s'identifica amb posar qualificacions als estudiants, però en realitat el concepte té molta més significació. Per exemple, ens permet determinar com ha anat la nostra assignatura de cara a millorar-la el proper curs.

Usarem la referència de Kirkpatrick [86] per estudiar aquesta visió àmplia del concepte *avaluació* en relació a l'aprenentatge i als programes de formació. Aquest autor estableix quatre nivells o dimensions en què es pot avaluar:

- 1) *Reaction*. Referida a determinar la satisfacció de l'estudiant en relació al programa de formació o a algun dels seus components específics: el professor, les unitats didàctiques, la programació d'activitats, etc. Per dur a terme aquesta vessant de l'avaluació caldrà recollir dades generalment a

través d'enquestes i entrevistes. Es tractarà amb detall a la secció 2.5 ja que és molt important per reflexionar sobre el procés i tancar el cicle de millora.

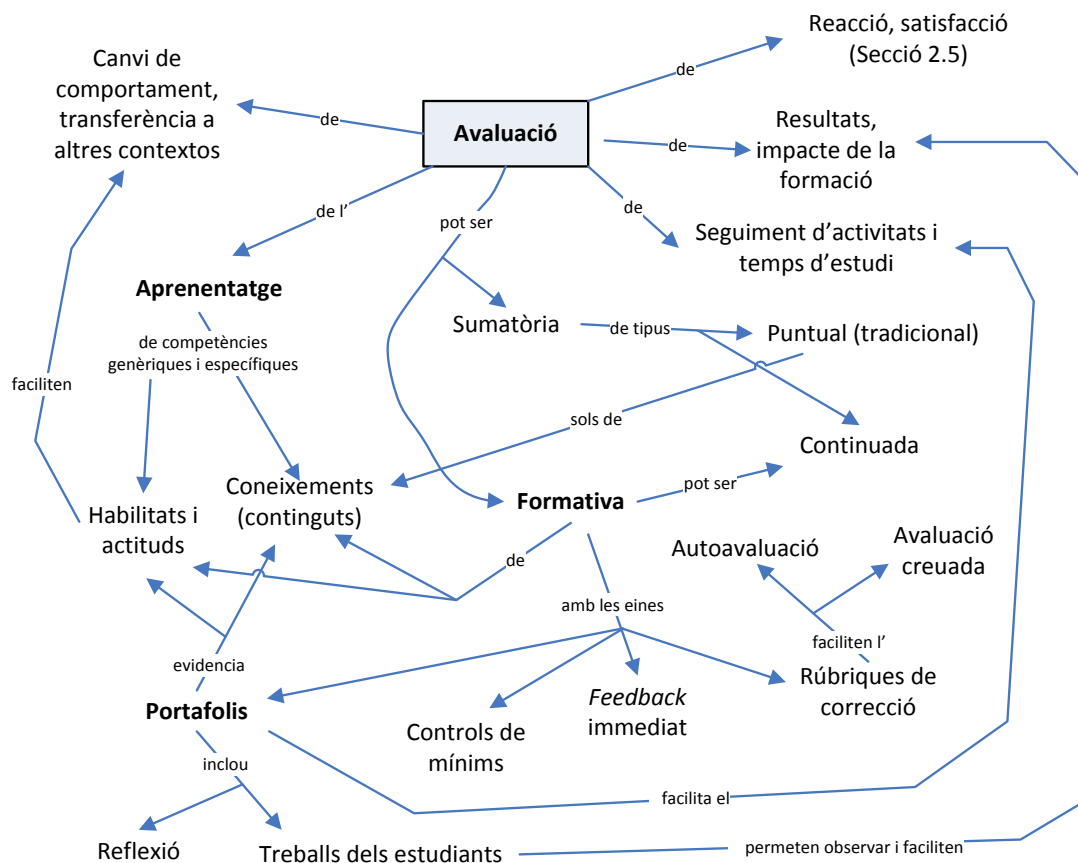


Fig. 28. Mapa conceptual sobre les definicions associades a l'avaluació en el context acadèmic.

- 2) *Learning*. Fa referència a si s'han assolit els objectius d'aprenentatge. Aquesta dimensió s'estudia detalladament a la secció 2.4.1 i la tractem en les matèries objecte de les nostres experiències. Representa l'accepció més tradicional de l'avaluació en la seva vessant sumatòria i una de les tasques amb més possibilitats d'innovació en la seva vessant formativa. A partir de dades objectives com el rendiment acadèmic i amb altres d'elaborades a partir d'enquestes, es posen en marxa processos de revisió i seguiment de plans d'estudis, objectius de les matèries, eficàcia dels materials preparats, coordinacions entre cursos, seguiment del desplegament de competències, propostes de formació dels docents, seguiment de la utilització de recursos, etc. Anar més enllà de les assignatures és en si mateix un objectiu de recerca força interessant per una alta tesi.
- 3) *Behaviour/transfer*. Aquest nivell pretén mesurar quin ha estat l'impacte de l'ensenyament. Fins a on han canviat el seu comportament els estudiants després d'haver rebut el curs? Com i on apliquen els coneixements i les habilitats apresos? Usen les tècniques d'estudi i els coneixements adquirits a

l'assignatura quan es matriculen a cursos més avançats o quan desenvolupen les pràctiques d'empresa? Promouen una transferència dels coneixements, habilitats i actituds adquirides a la universitat en posar-se a treballar? I aquesta transferència, és dona per pròpia iniciativa i convenciment o bé perquè els docents o empleadors els ho suggereixen? És possible que l'aprenentatge assolit en uns cursos determinats hagi estat positiu, però tot i que tinguin voluntat d'aplicar-lo, no els és possible perquè altres professors o el seu futur cap a l'empresa no els ho permet, o que realment els contextos professionals que afronten no fan possible tal aplicació. Aquest nivell d'avaluació implica mesurar específicament la transferència de competències (coneixements, habilitats i actituds) des del programa de formació al lloc de treball. En aquesta investigació s'aborda tan sols quan analitzem les experiències d'innovació realitzades en cursos consecutius, en tant que la preparació d'assignatures avançades estarà condicionada a l'anàlisi de resultats de les assignatures prèvies. Tot i que en aquest sentit també és molt remarcable el tipus d'estudiantat que tenim segons la classificació del primer capítol: els estudiants que es conformen amb un aprenentatge superficial aconseguixen una transferència menor que els estudiants que cerquen un aprenentatge significatiu.

- 4) *Results*. Aquest nivell fa referència a l'avaluació dels resultats finals del procés de formació i l'impacte que aquest té en el món. Per a la universitat suposa determinar el nivell d'inserció professional dels seus titulats, la validació o acreditació dels estudis, l'avaluació de la capacitat docent dels professors. Es pretén avaluar si les empreses que han contractat els nostres enginyers han millorat en tots els sentits (menys absentisme i accidentalitat, millora de la qualitat del lloc de treball i de la productivitat, més capacitat d'organització i millora de les relacions interpersonals, etc.). És l'avaluació que té el cost més elevat i la que implica més temps i recursos per dur-la a terme i no està considerada en aquesta tesi.

2.4.1 Avaluació de l'aprenentatge

Consisteix a determinar si s'han assolit les competències específiques (coneixements, continguts) i genèriques (habilitats i actituds) per part dels estudiants.

Per començar hem de generar qualificacions per acreditar a terceres persones el nivell de coneixements i competències adquirits pels estudiants. Els alumnes s'ordenen segons les qualificacions obtingudes. És la tasca que els professors realitzen habitualment durant el curs.

La forma i els requeriments que proposem en una assignatura per avaluar els coneixements són uns dels factors que més influeixen en què i com aprenen els estudiants. Aquesta influència és de vegades més forta que l'impacte que produeixen els propis materials d'estudi [84]. A més, com que ens hem fixat objectius nous que inclouen competències genèriques, la forma tradicional d'avaluar per exemple a partir d'un parell d'exàmens al quadrimestre no ens serveix per determinar el nivell de coneixements i habilitats que hem inclòs entre els objectius.

D'entrada, doncs, el mètode proposat per organitzar la docència assumirà com a imprescindible una avaluació continuada dels assoliments, és a dir, no esperarem a mig quadrimestre per determinar fins a quin punt els alumnes ens segueixen en les nostres explicacions, sinó que planificarem un esquema d'avaluació que des de les primeres sessions ens faciliti l'accés a: com i fins a on van aprenent continguts i desenvolupant habilitats i actituds. Com que l'assignatura es prepara prioritàriament en funció dels estudiants que l'han de seguir, i no pas dels professors que l'han d'impartir (aprenentatge centrat en l'estudiant), l'avaluació continuada permetrà ajustaments molt individualitzats al nivell d'implicació en l'estudi que demostri cadascun dels alumnes. L'avaluació de l'aprenentatge assolit serà un punt determinant a l'hora d'establir el mètode sistemàtic i inevitablement acabarà repercutint i modulant els altres conceptes (objectius, activitats i metodologies), tal com proposa l'alineament constructiu per a una docència del tercer nivell exposat a la secció 1.2.3.

S'intentarà incrustar l'avaluació en cadascuna de les activitats de forma que fins i tot s'aconsegueixi que exàmens clàssics no arribin a ser necessaris. En la línia que volem organitzar les activitats per complir els objectius d'aprenentatge, bàsicament usant el treball cooperatiu per resoldre problemes, *avaluar* no significarà solament assignar una qualificació numèrica a final de curs o després d'uns exàmens. Es pretén usar l'avaluació no tant com a mecanisme de verificació de coneixements sinó com a estímul per tal que els estudiants facin les tasques encomanades que els han de conduir a l'aprenentatge en el temps establert [67]. En aquest sentit sols cal recordar que avaluar és l'últim del processos cognitius de la taxonomia de Bloom (vegeu la Fig. 21), per tant, introduir l'avaluació com una més de les tasques regulars que han de dur a terme els estudiants augmentarà el nivell intel·lectual i la qualitat de l'aprenentatge.

2.4.1.1 Avaluació sumatòria i formativa

L'avaluació sumatòria és la tradicional, determina el nivell de coneixements adquirits al final d'una activitat, tema o el curs i li atribueix una nota. Generalment ha estat una activitat puntual que s'ha dut a terme un parell de vegades durant el curs, fora de l'organització regular de les classes. Es tracta dels típics exàmens parcials i finals, en el fons els únics que comptaven per a l'avaluació del curs. El nostre enfocament en aquest treball és dur a terme una avaluació continuada basant-nos en avaluacions sumatòries de diverses proves, de forma que tot el treball realitzat per l'estudiant compta d'alguna manera o altra en l'esquema d'avaluació de la matèria. De moment val a dir que si es comença a avaluar des dels primers treballs hi ha més oportunitats de detectar i esmenar situacions que conduirien al fracàs. A l'hora de proposar les experiències se'ns genera un dubte del tot legítim:

- Com haig de repartir les qualificacions entre les activitats, sabent que l'esquema de qualificació condiona la manera d'actuar dels estudiants durant el curs?

Està clar que dels materials preparats per avaluar i de les respostes produïdes pels alumnes se'n pot treure més profit que el simple fet de posar una nota numèrica,

encara que es faci de forma contínua durant el curs. Per això apareix l'avaluació formativa¹³, un procés que permet interactuar amb els estudiants a partir de la discussió detallada del que han produït, com si es tractés d'un exercici més. La Taula 15 mostra els trets més característics d'ambdues formes d'avaluar.

	Formativa	Sumatòria
Temps	Mentre es realitza una unitat d'aprenentatge o una activitat.	Al final d'una activitat, d'un tema o d'un curs complet.
Objectiu final	Millorar l'aprenentatge assolit pels estudiants.	Prendre una decisió (s'aprova o no i quina nota s'obté).
Feedback	El material es retorna amb indicacions sobre com millorar-lo.	Es discuteix amb l'estudiant, si és el cas, sobre la nota atorgada.
Marc de referència	Seguint un criteri sobre el qual s'avaluen tots els estudiants de la mateixa forma.	A vegades es comparen uns estudiants amb els altres. A vegades seguint un criteri sobre el qual s'avaluen tots els estudiants de la mateixa forma.

Taula 15. Quadre de característiques de l'avaluació sumatòria i formativa.

La qualitat de l'avaluació formativa és que pretén millorar l'aprenentatge, que l'estudiant reaccioni en vista de les indicacions rebudes, que no es conformi amb la primera nota obtinguda, que tendeixi a millorar el seus treballs per arribar a l'aprenentatge significatiu dels continguts i evidenciar millor el domini de les habilitats genèriques. Aquesta avaluació li facilita la motivació i el focalitza cap a les parts dels continguts en què té més dificultat. Se li subministra *feedback* de forma que pot aprendre dels seus errors i deficiències i continuar construint el coneixement a partir del que ja té consolidat.

D'altra banda, la problemàtica que presenta és la derivada de la interacció necessària amb l'estudiant. Per això, l'avaluació formativa sols funcionarà si el destinatari està en situació de:

- a) poder reconèixer-la, és a dir, està atent, motivat i acostumat a la forma en què li arriba la informació;
- b) poder rebre-la, és a dir, la informació no l'ofega i té la possibilitat de registrar-la, organitzar-la i personalitzar-la;
- c) poder interpretar-la, és a dir, té coneixements previs suficients i és prou conscient per comprendre quin és el punt en qüestió i no dur a terme accions contraproductives;
- d) poder integrar la informació, és a dir, té el temps, l'orientació i els recursos adequats per reflexionar, integrar i, d'aquesta manera, recordar la informació nova.

¹³ http://llengua.gencat.cat/web/sites/llengua/content/documents/publicacions/marc_europeu_comu_de_referencia_per_a_l es_llengues/arxiu/marc_cap9.pdf

Tot això suposa una certa capacitat d'aprendre a ser autònom segons s'ha explicat a la secció 1.2.2.6, de controlar el propi aprenentatge i de saber actuar segons les indicacions i correccions que li han donat del seu treball. Aquesta formació de l'aprenent o increment de la conscienciació sobre fins a quin punt ha assolit els coneixements és el que pretén l'avaluació formativa. I entre les diverses tècniques per desenvolupar-la, és clar que organitzar els estudis a través de la resolució de problemes treballant en grup és una bona idea.

A més de l'acció immediata als problemes d'aprenentatge detectats en les proves d'avaluació i la discussió formativa que s'estableix a continuació, cal indicar que aquesta mena d'avaluació ofereix noves oportunitats per recollir dades del procés d'aprenentatge i poder actuar a més llarg termini sobre la programació general. Una recollida de dades addicional per dur a terme una avaluació global del procés d'aprenentatge per part del professor, tal com s'explica a la secció 2.5. Amb l'avaluació formativa queda evidenciat què costa més d'aprendre, quines activitats donen resultat, quins materials addicionals s'han de generar, quins s'han de reescriure o desestimar, etc., fins al punt que la pràctica continuada de l'avaluació formativa determinarà la forma definitiva que van adoptant els nous materials d'estudi (vegeu la secció 3.1.3.3).

Així mateix, l'avaluació continuada formativa té un altre avantatge a remarcar: treure ferro al mateix procés d'avaluació reduint l'estrès que representa per als estudiants enfrontar-se a obtenir qualificacions baixes als dos exàmens clàssics, cosa que implica amb freqüència la repetició del curs. En aquesta situació, els estudiants s'obliden dels objectius d'aprenentatge i dirigeixen tots els seus esforços i estratègies exclusivament a aprovar, sinònim d'aprenentatge superficial. En canvi, si l'èmfasi de l'avaluació recau en la qualitat amb què han resolt els problemes i se'ls ofereixen segones oportunitats per millorar la qualitat dels treballs que fan, aconseguim desdramatitzar els exàmens i altres proves d'avaluació, mantenint un estrès positiu (que sempre convé), però reorientat cap a la capacitat de realitzar bons treballs, que saben que els condueixen a l'assoliment dels objectius.

2.4.1.2 Control del temps d'estudi i seguiment de les activitats

A les quatre dimensions de l'avaluació esmentades anteriorment (*reaction*, *learning*, *behaviour* i *results*) proposades per Kirkpatrick, nosaltres n'afegim una altra: l'avaluació del seguiment de les activitats i el temps d'estudi [87]. En el nostre cas es tractarà d'activitats a realitzar en grups cooperatius base organitzats per resoldre problemes segons la metodologia PBL. Veurem el repte que representa aquest plantejament tan ambiciós.

En el marc del procés d'adaptació de les assignatures a l'EEES i a l'hora de posar en marxa noves experiències, avaluar com els alumnes estudien fora de l'horari de classes serà de gran ajuda per ajustar tant la càrrega de treball com la mena d'exercicis que han de resoldre autònomament. Com que el crèdit ECTS no distingeix entre el treball realitzat dintre i fora de l'aula, nosaltres suposarem que la qualitat de la feina assolida a fora sigui semblant a la que es desenvolupa a dins de l'aula sota la nostra direcció.

Els professors tenim experiència a conduir i examinar què es fa a l'aula, però no pas a determinar com els estudiants distribueixen el seu temps a fora. Per aquesta raó l'estratègia que seguirem serà la de proposar activitats que continguin força lliuraments per avaluar millor com estan anant les coses. En un mateix curs, hi haurà més entregues previstes en arrencar que cap al final, ja que una vegada s'hagi après a treballar amb aquesta dinàmica, podrem garantir que es produiran treballs de la mateixa qualitat sense haver de realitzar tanta monitorització. Així mateix, el nombre i la complexitat de les tasques a lliurar dependrà del curs, en el sentit que als estudiants de cursos avançats no caldrà recollir-los-en tantes, no serà necessari monitoritzar-los tan intensivament com als alumnes dels primers cursos. Veurem que per a estudiants novells, no avesats a aquesta forma d'estudiar, serà adequat un lliurament setmanal, mentre que als de cursos avançats els demanarem lliuraments cada tres o quatre setmanes. I en aquesta línia d'adquisició de la competència d'organització de projectes podem assegurar, per als estudis de màster, que és possible plantejar que siguin els propis estudiants que organitzin les fases d'execució, el calendari de lliuraments i la forma de presentar els resultats.

El volum de feina realitzada anirà acompanyat del control del temps d'estudi. En primer lloc els proporcionarem eines (taules, fulls de càlcul, llistes) per tal que ells mateixos apuntin i ens facilitin dades sobre el temps d'estudi que dediquen a l'assignatura repartit en cada tasca i en segon lloc, usarem aquesta informació conjuntament amb les enquestes de satisfacció per determinar si ens ajustem a la càrrega de treball mitjana prevista segons els ECTS assignats. Aquestes dades i la forma en què els alumnes realitzen aquesta addició d'hores de treball de forma continuada durant el curs mentre tenen cura de complir amb les dates de lliurament establertes, facilitaran en gran mesura l'avaluació formativa, la detecció de problemes de funcionament dels grups, la motivació per seguir el ritme del curs i el replantejament de les activitats per part nostra.

La pregunta pertinent de cara a organitzar les experiències, tenint en compte a més que el sistema que proposem ha de ser sostenible en el temps, sense que arribi a aclaparar el professor, seria:

- Què haig de fer amb els lliuraments de treballs presentats pels estudiants per convertir-los, de forma eficient, en informació útil per millorar l'aprenentatge?

A l'hora de cercar l'alineament constructiu entre avaluació, mètodes i objectius, veurem que el seguiment del temps d'estudi i la planificació detallada de la feina que han de fer fora de l'aula ens seran molt útils per anar ajustant el sistema al llarg d'uns quants quadrimestres fins que observem la coherència explicitada a la Fig. 18 i obtinguem resultats satisfactoris.

En el capítol 4 es mostren alguns resultats d'aquestes experiències de seguiment i avaluació del temps d'estudi. Veurem que en línies generals es pot asseverar que els grups cooperatius que no són capaços d'addicionar el temps d'estudi, ni de realitzar el treball regular, tenen molts problemes per aprovar el curs.

2.4.1.3 Rúbriques per elaborar i corregir exercicis i criteris de qualitat

A l'hora d'avaluar què han après els estudiants, es pot verificar si han assolit els objectius específics i genèrics dissenyant proves en què s'avaluïn aquests objectius. Hi ha molta literatura respecte a aquest tema, com ara [37] o [68] on una vegada plantejada la necessitat d'escriure objectius d'aprenentatge, tot seguit es proposen mètodes instruccionals i d'avaluació adients per comprovar si aquestes objectius s'han assolit. Nosaltres partirem de la base que ja hem triat quins mètodes instruccionals hem de fer servir i hem preparat les activitats que asseguraran que s'ha après el que preteníem. D'aquesta manera ens ho mirarem des d'una vessant molt més pràctica: avaluar els resultats de l'aprenentatge a través dels exercicis i materials que els estudiants han elaborat. La idea és assumir que si els estudiants han realitzat correctament els problemes proposats, necessàriament hauran també assolit els objectius d'aprenentatge, i consegüentment hauran aprovat el curs amb una qualificació numèrica en funció de la qualitat de la feina feta.

	Nivell 1 (<i>màxima qualitat</i>)	Nivell 2 (<i>millorable</i>)	Nivell 3 (<i>no acceptable</i>)
1r criteri	<descripció detallada> <punts>	<descripció detallada> <punts>	<descripció detallada> <punts>
2n criteri			
3r criteri			
4t criteri			

Taula 16. Format bàsic d'una rúbrica de correcció.

El que necessitem és generar documents que expliquin i guiïn els estudiants a l'hora de resoldre qualitativament els problemes proposats. La rúbrica [88] és precisament això: una taula com la representada a la Taula 16 amb un conjunt de criteris en què cal fixar-se per fer-ho bé i una descripció per cadascun dels criteris del nivell de qualitat (o de competència) que s'exigeix. Opcionalment, cada quadre també indica els punts de la nota numèrica atorgada. La idea subjacent és que si els estudiants saben què cal tenir en compte a l'hora de resoldre problemes i se'ls insta a fer-ho seguint un conjunt d'indicacions precises, els resultarà més fàcil fer-ho bé. Resultarà tot plegat molt més clar i objectiu i serà més fàcil de corregir el que no sigui correcte. Més endavant, en la descripció de les assignatures, s'inclouran exemples de rúbriques i documents amb criteris de qualitat específics per a cada matèria. Les rúbriques no estan associades exclusivament als continguts específics, també poden preparar-se per avaluar competències genèriques com per exemple el treball en grup. Fixem-nos en la Taula 14 on es descriu detalladament què entenem nosaltres per aquesta competència.

Els avantatges d'usar rúbriques són considerables una vegada s'ha realitzat l'anàlisi de la tasca que els demanem i hem sigut capaços de generar la taula amb certa

precisió¹⁴. Això sí, sempre tenint en compte que el format definitiu no es fixarà fins després d'uns quadrimestres de pràctica d'aproximacions successives emmarcats en el context del cicle d'investigació-acció en el qual també replantegem objectius, activitats i mètodes.

Les rúbriques ens facilitaran la comunicació de les nostres intencions amb els estudiants que veuran explícitament què se'ls demana, i amb altres persones implicades com la direcció d'estudis, el departament, etc. Facilitaran igualment la coordinació entre els professors que imparteixin un mateix curs.

Les rúbriques, usades a tota hora, ens permetran detectar amb precisió quin és el nivell d'implicació dels alumnes en els estudis, com milloren al llarg del curs, on no ens segueixen o en quines parts de les tasques tenen més dificultats. Així mateix, ens permetran observar amb claredat què ens funciona, què ens manca i on tenim errades que cal esmenar.

Els estudiants s'adonaran ells mateixos dels punts on cometen errades, de quines són les seccions en què tenen més dificultats i la rúbrica els permetrà un raonament crític sobre la seva feina. Pot esdevenir una eina motivadora que els incentivi a no conformar-se i tractar de fer-ho millor. Veurem que és una eina ideal per propiciar l'autoavaluació, la discussió en el grup cooperatiu i l'avaluació creuada, tal com s'explica posteriorment.

Fer visibles els criteris de correcció des del començament de curs mitjançant rúbriques permetrà dur a terme aquesta avaluació formativa a partir de les evidències produïdes pels estudiants, en anglès *performance assessment*. La literatura [89] i [90] parla també d'avaluació *autèntica* o *alternativa* per referir-se al conjunt de procediments que van més enllà del típic test de múltiples respostes o petits exercicis de resposta única que cal resoldre en un temps curt un parell de vegades durant el curs, que és el que es fa tradicionalment per avaluar coneixements. Val a dir que el nom d'avaluació *autèntica*, potser no és encertat, ja que implica admetre que l'avaluació convencional no és bona o no és del tot autèntica o vàlida. En tot cas, està clar que l'avaluació tradicional no és adequada per avaluar la majoria de competències genèriques que ens proposem desplegar. En canvi, aquesta avaluació basada en evidències i resultats té com a denominador comú la característica que els estudiants han de construir la resposta i no pas triar-la entre les opcions d'un test. Un exemple de construcció de la resposta és la que proporciona el disseny de projectes a través dels quals l'estudiant o el grup d'estudiants adquireix coneixements fins i tot més enllà de la pròpia disciplina, possiblement amb bastanta autonomia i desenvolupant simultàniament competències i habilitats de caire professional. Un altre exemple d'avaluació autèntica basada en evidències en què cal construir la resposta, i que es destaca especialment en la publicació de l'ICE sobre avaluació [44], és el portafolis d'aprenentatge de l'estudiantat, una eina que es descriu a la secció 2.4.2 a partir dels materials de la publicació de l'ICE [85].

¹⁴ Sobre les rúbriques, a més dels llibres, podem accedir a webs força interessants que ens ajudaran a preparar-les per a les més diverses activitats. Per exemple: <http://rubistar.4teachers.org> i <http://www.rubrics4teachers.com>

Finalment, com explicarem tot seguit, en estar detallat per cada criteri i cada nivell de qualitat què esperem d'ells, el *feedback* immediat està garantit (vegeu la secció 2.4.1.5). Sabran de seguida si ho estan fent bé, què fan malament i com poden millorar i aquest coneixement se'ns dubte els facilitarà el seguiment del curs.

Pel que fa als professors que corregeixen, la rúbrica els permetrà fer-ho més ràpid. Moltes vegades repetim una vegada i una altra els mateixos comentaris i anotacions en vermell sobre els treballs dels estudiants, una tasca tediosa que ens ocupa molt de temps. Per tant, si aquest comentari, aquesta descripció de què manca a un problema o què és erroni la fem explícita en el quadre corresponent de la rúbrica, sols ens serà necessari encerclar el requadre en qüestió perquè captin què els volem indicar en la correcció.

La rúbrica, en especificar què entenem exactament per un treball ben fet, també ens permetrà desenvolupar qüestionaris i guies per fer el seguiment de les activitats complexes que s'allarguen en el temps. Per exemple, a la secció 3.4.2 del capítol 3 es mostra un qüestionari d'ajuda sobre la forma en què estan gestionant la planificació del projecte d'aplicació de l'assignatura SED.

Organitzarem les activitats de PBL amb rúbriques no ja sols per corregir, sinó per establir un diàleg formatiu de qualitat basant-nos en l'obtenció de bons resultats. La nostra rutina consistirà a passar pel sedàs de la rúbrica el treball diari, obligant-los a replantejar els càlculs i els dissenys de les seccions que no assoleixen els criteris. La columna del tercer nivell, "no acceptable" o "no satisfactori" estableix uns mínims competencials dels quals parlarem a la secció 2.4.1.6.

2.4.1.4 Avaluació entre companys i autoavaluació

Si s'observa com es duu a terme l'avaluació de coneixements a les universitats a nivell internacional, està clar que hi ha un ús preponderant dels clàssics exàmens elaborats i corregits pels professors, fins al 80%, ens indica la referència [84]. Així que hi ha molt de camp a recórrer per investigar altres mètodes i tècniques, sobretot des del moment en què, per exemple en els nous plans d'estudi, cal avaluar coneixements i competències genèriques. En aquesta tesi es proposa que les tasques a realitzar pels estudiants es duguin a terme acompanyades de rúbriques elaborades a partir de criteris de qualitat tal com s'ha explicat a la secció anterior. Si es disposa d'aquestes guies és fàcil imaginar que no sols el professor és capaç de corregir, sinó que hi podrem involucrar els propis alumnes pel tal que assagin experiències d'autoavaluació i d'avaluació creuada entre companys o entre grups cooperatius. De fet, els materials que s'estan preparant per a l'avaluació formativa, els mateixos enunciats dels problemes, les rúbriques i els criteris de qualitat, a més de permetre posar qualificacions, ja predisposen a la inclusió de l'avaluació i coavaluació com a part de les activitats que necessàriament ha de realitzar l'alumne per aprendre significativament.

L'autoavaluació involucra els propis estudiants en el procés de determinar què es considera un bon treball acadèmic elaborat a partir d'uns requeriments acordats d'entrada. Aquesta participació en la pròpia avaluació els converteix en aprenents més efectius. Veurem que els alumnes de baix rendiment que tenen dificultats a

aprovar els exàmens clàssics tampoc tenen capacitat de presentar els treballs i exercicis en el temps establert amb la qualitat requerida ni de realitzar la reflexió sobre què han estat duent a terme. Autoavaluar-se els representarà una tasca molt complexa, tot i que els proposem de basar-se en la rúbrica. Aquests comportaments es manifesten quan es posa en marxa l'avaluació formativa des de les primeres setmanes de curs i ells interioritzen el tipus de tasca que se'ls exigeix per anar avançant.

En principi, en posar en marxa les primeres experiències, l'autoavaluació serà fonamentalment qualitativa i formativa, deixant que la nota numèrica que ells mateixos es proposen sigui validada o no pel professor posteriorment. A més, sempre serà així per als estudiants dels primers cursos de grau, els quals encara s'han de formar en aquesta competència d'emetre judicis de valor i de crítica del treball propi. Al capítol 4 presentarem evidències que quan ja es disposa de cert entrenament, les qualificacions autoatorgades ja no difereixen sensiblement de les que proposaria el professor.

Pel que fa a l'avaluació creuada entre companys o *student peer assessment* ([91] i [92]), a partir de criteris de qualitat establerts pels mateixos professors, aquesta presenta diversos avantatges, i més encara quan enfoquem la feina des de la perspectiva de l'EEES, en què l'estudiant pren el protagonisme i organitzem el treball cooperatiu:

- 1) En utilitzar rúbriques per corregir els treballs dels companys, els alumnes veuen més clar el significat dels criteris i els interioritzen, de forma que els tindran presents quan hagin de fer un treball nou amb criteris de qualitat semblants.
- 2) Els estudiants s'esforcen més a fer un treball de qualitat si saben que seran avaluats pels seus propis companys de curs. Hem comprovat en les experiències dutes a terme que moltes vegades pretenen fins i tot ser més rigorosos que els professors, i intentaran estalviar-se crítiques tractant de fer una bona feina. En aquest mateix sentit, s'esforçaran a afegir comentaris i explicacions addicionals en els seus treballs per fer-los més intel·ligibles als companys ja que moltes vegades, comptant que és el professor qui corregeix, són més crítics en les solucions perquè ell ja endevinarà què pretenien dir.
- 3) Els alumnes desenvolupen l'habilitat d'emetre judicis de valor sobre el treball dels altres segons uns criteris. I precisament aquesta és una competència genèrica molt preuada en el camp professional.
- 4) Els alumnes es converteixen en ajudants del professor en la tasca d'avaluar activitats del curs, tant en la vessant formativa, escrivint comentaris constructius sobre què cal millorar, com en la sumatòria d'establir qualificacions.

L'avaluació entre companys no serà senzilla de dur a terme, resultarà més complicada que l'autoavaluació. Els criteris de qualitat hauran de ser força clars per evitar una avaluació superficial, haurem d'entrenar els estudiants amb diverses proves consecutives d'avaluació creuada i, si fos possible, haurien de tractar de

realitzar una correcció cega, ja que si se sap qui són els autors del treball és possible introduir desviaments interessats amunt o avall respecte de la nota més objectiva.

Val a dir també que la diversitat de treballs i activitats que es duen a terme en un curs com els que pretenem organitzar en PBL i aprenentatge cooperatiu amb grups-base permet realitzar experiències d'aquesta mena tant a l'aula, amb interacció cara a cara, com *online* a través de la intranet.

2.4.1.5 El *feedback* immediat i la possibilitat de millora dels treballs

Una avaluació que pretengui ser a més de sumatòria formativa ha d'incorporar el *feedback* immediat. L'estudiant ha de disposar de la correcció dels exercicis per part dels professors o dels seus companys tan aviat com sigui possible. En aquest treball se suggerirà que una setmana és un període suficient i adequat perquè es corregeixi el treball realitzat i es torni perquè l'estudiant pugui presentar una millora atenent a les indicacions del corrector. A més, cal indicar que si l'estudiant o el grup de treball realitza en el temps establert la correcció dels apartats que ha de millorar, té la possibilitat d'augmentar la qualificació de l'exercici. Una setmana per realitzar la correcció dels errors també és un termini raonable. Aquest reforçament positiu vers el treball desenvolupat els permet realitzar els exercicis amb més qualitat i la conseqüència directa és un cop més facilitar l'aprenentatge profund de la matèria. En el capítol 3 veurem que la majoria de tasques planificades incorporen la data de lliurament, una setmana per dur a terme a correcció i una altra setmana per millorar el treball si els estudiants ho creuen oportú.

A més, molt important, s'insta els alumnes a qüestionar i discutir amb el professor la qualificació atorgada als treballs i a esbrinar el perquè de cadascuna de les indicacions de correcció. Aquesta és la veritable força d'aquest procediment: el professor té l'oportunitat en múltiples ocasions durant el curs de discutir amb els estudiants els seus punts de vista, els seus judicis de valor, el seu plantejament del mètode científic, la forma d'entendre la professió i tots els altres punts d'interès relacionats amb la matèria. L'alumne aprèn significativament perquè es troba amb moltes oportunitats de discutir amb els companys i el professor sobre conceptes relacionats amb els últims nivells de la taxonomia del coneixement. En el sentit de treure ferro a l'avaluació, fixem-nos en el contrast que representa la relació professor-alumne que s'estableix amb mètode d'ensenyament tradicional quan es tracta de posar nota a un examen parcial o final amb un procés de revisió absolutament tens amb confrontació de punts de vista, i amb l'estudiant tractant d'augmentar algunes dècimes la puntuació numèrica d'un problema i professor tractant de justificar les baixes qualificacions atorgades, sense possibilitat de millora de cap mena (a no ser que hi hagi un error flagrant o bé un altre examen a posteriori).

2.4.1.6 Els controls individuals de mínims

Proposarem que la majoria d'activitats, com ara els problemes tipus PBL, es realitzin i s'avaluin en grup cooperatiu. De totes formes, amb la intenció de resoldre la típica pregunta que tant preocupa els professors quan s'enfronten a activitats grupals: "Com estic segur que han treballat tots els membres del grup?" o altres preguntes

similars en relació a l'honestetat dels estudiants o a l'efectivitat de l'aprenentatge cooperatiu, proposem l'establiment de controls o exàmens individuals de coneixements mínims realitzats per sorpresa durant el curs. Aquests conceptes mínims són la matèria específica que inexcusablement ha d'haver après l'alumne com a conseqüència de treballar correctament en els problemes. El que es pregunta en el test de mínims forma part del problema que s'ha resolt en cooperació. Així, tot i que sembli un examen de matèria, la intenció és verificar que els grups han resolt els problemes en cooperació assolint els cinc punts que la defineixen (vegeu la secció 2.3.1). És senzill plantejar exercicis de curta durada per realitzar durant una mitja hora al final o durant qualsevol classe relacionats amb els problemes o projectes. A la secció 4.4 del capítol 4, on s'analitza la valoració dels exàmens de mínims arribem a la conclusió que el procediment resulta força satisfactori quant a la valoració del treball en grup. A més, segons les enquestes, té força acceptació entre els estudiants.

Es tracta d'un altre element de *feedback* immediat que permet verificar si els estudiants estan portant el ritme de treball adequat, i sobretot, permet comprovar el nivell de responsabilitat individual de cadascun dels membres del grup. Un grup que funcioni correctament assolirà una qualificació similar en cada mínim. I els grups que realment tenen problemes de funcionament tindran dificultat a respondre individualment als coneixements mínims exigida perquè algun dels membres els fallarà.

La tàctica que hem previst és que durant les setmanes d'exàmens parcials marcades per l'escola hi hagi programats controls de recuperació de mínims que a la vegada permeten millorar les qualificacions obtingudes durant el curs en aquestes proves. Per incentivar encara més l'estudi durant el curs acadèmic i dissuadir-los que concentrin l'esforç, tal com era habitual, en la setmana que precedeix els exàmens finals, es proposa haver examinat tots els mínims i haver de superar-los tots (o tots menys un, segons l'assignatura). Per exemple, a l'assignatura ED, explicada en el capítol 3, cal aprovar 7 dels 8 mínims proposats. Així, també s'evita que els alumnes que van bé deixin d'estudiar l'assignatura o d'assistir a les classes presencials abans del termini previst de les 14 setmanes. De totes formes, cal insistir que l'assignatura s'aprèn treballant en grup cooperatiu durant tot el curs de forma constant, sent els controls individuals de mínims un element més per tal que els estudiants reflexionin sobre com els està anant el grup.

La nostra experiència continuada ha demostrat que els grups cooperatius que funcionen sense problemes no tenen dificultats per resoldre satisfactòriament també els seus mínims individuals. Es tracta, doncs, d'un altre argument més que té el professor a disposició per discutir amb els estudiants les situacions problemàtiques que vagin sorgint durant el curs. De fet, és habitual que alguns dels grups formats no funcionin correctament, i aquesta situació es tradueix en què, per exemple, un parell d'estudiants del grup aprovin sobradament un dels mínims, mentre l'altre membre el suspèn. És un senyal clar que els exercicis previs relacionats amb el contingut del mínim en qüestió no han estat resolts per tots els membres del grup. Els alumnes que hagin estat interpel·lats en aquest sentit poden decidir abandonar l'assignatura, refer el grup amb altres estudiants en situació similar o, millor, superar els conflictes i implicar-se en el grup i en l'assignatura per posar-se al mateix nivell que els seus

companys de grup. En alguns grups també es dona la circumstància que són els propis estudiants els que decideixen prescindir del tercer membre, comunicant la situació al professor. Aquest, és clar, ha d'estar preparat per resoldre aquesta mena de conflictes, tasques que van molt més enllà de la tradicional transmissió de matèria i classificació dels estudiants per notes.

Mentre hem fet classe en el pla vell o hem dut a terme el pla pilot d'adaptació a l'EEES no hem tingut problemes legals en relació a l'establiment de les proves de mínims, bàsicament perquè els estudiants trobaven el mecanisme força just. En canvi en entrar en vigor els nous plans d'estudi de grau hem xocat amb la normativa acadèmica que no permet l'examen de mínims eliminatori. En el capítol 3 presentarem la variació que ens permet continuar aplicant aquest concepte de mínim individual –tot i que amb menys efectivitat– en el marc de la nova normativa acadèmica per a l'assignatura CSD.

2.4.2 El dossier d'aprenentatge de l'estudiantat (portafolis)

Les noves metodologies posen a l'abast del professorat una eina per millorar l'aprenentatge dels alumnes: el dossier d'aprenentatge de l'estudiantat, portafolis, carpeta d'aprenentatge o *student learning portfolio*. Una eina d'utilitat reconeguda que ja tenia un ús tradicional en certes disciplines abans de l'adveniment de les TIC que compta amb molts defensors i alguns detractors. El motiu de les reticències que genera a primera vista és l'alt grau de compromís de dedicació que el professor adquireix quan decideix utilitzar-la. El cert és que el professorat que hi està compromès el valora com un instrument per incrementar el compromís de l'estudiantat en el seu aprenentatge i com a recurs pràctic i constatable per deixar constància dels seus avenços. En el nostre cas, des de les primeres experiències realitzades vam veure la viabilitat del portafolis com a eina definitiva que organitza l'avaluació dels aprenentatges i col·lateralment tots els altres conceptes implicats en el mètode sistemàtic.

El *portafolis* consisteix bàsicament en un recull d'evidències del que s'ha après durant un període de temps, per exemple durant un curs acadèmic, i en una matèria determinada, juntament amb reflexions i valoracions realitzades pel mateix autor o autors sobre el procés d'aprenentatge. Tot plegat a partir d'una estructura prefigurada pel docent.

La bibliografia sobre el tema és molt àmplia i tot i que hi ha diverses definicions, totes són semblants. Per exemple:

- 1) “Un portafolis és un recull de treballs de l'estudiant amb un propòsit determinat que il·lustra l'esforç, el progrés i l'assoliment de coneixements i habilitats en una o més àrees [en el temps]. Aquesta col·lecció ha d'incloure: la participació de l'estudiant a l'hora de seleccionar els continguts, els criteris de selecció, els criteris amb els quals se n'avaluarà la qualitat, i evidències de les pròpies reflexions de l'estudiant” [93].
- 2) “Els estudiants esdevenen molt més sofisticats i educats quan poden organitzar el seu treball a través d'un portafolis que representa la qualitat de l'aprenentatge que han assolit durant un curs o un any acadèmic. No hi ha res

que es pugui comparar a veure com els estudiants col·leccionen, organitzen els seus materials d'estudi i escriuen un document que justifica les decisions que han pres a l'hora de connectar les mostres dels treballs. D'aquesta manera, el portafolis de l'estudiant esdevé una imatge completa i holística del nivell cognitiu assolit, del seu creixement i desenvolupament" [76].

- 3) "Un sistema d'avaluació integrat en el procés ensenyament i aprenentatge. Selecció d'evidències o mostres que formen un dossier o una carpeta que ha de recollir i aportar l'estudiant durant un període de temps i per un objectiu determinat. Cal acompanyar les evidències amb justificació i reflexió per part de l'estudiant sobre què i com ha anat aprenent" [94].

La col·lecció de treballs recollits en el portafolis és dinàmica, creixent i canviant a mesura que es desenvolupa el curs. Mostra el procés d'aprenentatge que està experimentant l'estudiant o bé el recull dels millors treballs que ha realitzat (*showcase portfolio*). Amb aquesta eina es reflexiona sobre la selecció de treballs que s'ha decidit d'incloure i es pot observar des del punt de vista de l'autor o bé des de la perspectiva de qui l'ha d'avaluar. Els elements clau del portafolis són la col·lecció i tria de materials que s'han realitzat durant el curs, la reflexió i la presentació. Zubizarreta [95] presenta el model més simple (Fig. 29), basat en tres components bàsics: la documentació, la reflexió i la col·laboració. El portafolis admet configuracions diverses en funció del propòsit final que se li vulgui donar i en el nostre context suposarà una eina d'avaluació integrada a partir de les produccions dels estudiants [96].

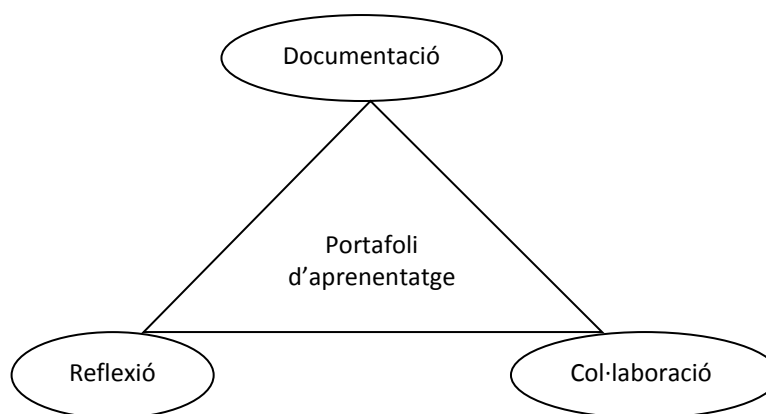


Fig. 29. Model de portafolis d'aprenentatge segons [95].

El resultat és un document compacte, organitzat estratègicament que evoluciona qualitativament per reflectir el procés d'aprenentatge. La idea és que a través de la col·laboració dels companys de grup o de classe o de les indicacions del professor cal anar revisant els textos, actualitzant la documentació aportada o redissenyant les pàgines web (en un d'electrònic, per exemple) per fer evident la reflexió de l'autor. Queda clara la implicació del professor i dels companys en aquest procés. Un seguit de revisions contínues del treball es farien necessàries i desitjables per permetre veure amb claredat el creixement intel·lectual i personal de l'estudiantat involucrat en aquesta tasca. Incloure un portafolis com a eina d'avaluació de competències comportarà forçosament canvis substancials en l'organització i impartició del curs.

La reflexió, clau del portafolis d'aprenentatge

La reflexió consisteix en la consideració per part de l'estudiant sobre el seu progrés en relació a la consecució dels objectius. A través de la reflexió l'estudiant analitza el seu treball, avalua els seus punts forts i dèbils, explica com està aprenent i considera les implicacions que li reporten les seves experiències actuals de cara a futurs aprenentatges. Aquesta reflexió és la que diferencia un portafolis d'aprenentatge d'un simple recull de treballs o del típic quadern d'exercicis.

El portafolis, i la reflexió en particular, ajuda a "aprendre a aprendre", és a dir, un estudiant reflexiu és capaç d'aprofundir en les seves experiències d'aprenentatge, i també desenvolupa habilitats de pensament crític, incrementa la seva autonomia com a estudiant i adquireix el costum d'autoavaluar-se per anar millorant. Per això el portafolis resulta una eina molt adient per al desplegament de les competències genèriques.

Relació amb la competència de comunicació escrita

Si el portafolis ha d'associar-se a alguna de les competències genèriques que han d'adquirir els nostres estudiants, és la de la comunicació escrita [97]. Qualsevol dels nostres titulats ha d'escriure correctament documents tècnics, projectes i, si s'escau, articles de recerca. I per tant, la preparació del portafolis, com que essencialment consisteix en la discussió, avaluació i presentació continuada de la qualitat dels treballs que es van realitzant a mesura que es progressa acadèmicament, esdevindrà una eina determinant per aprendre a escriure en el context de la professió. Recordem que:

- Escriure força els estudiants a invertir temps en la reflexió.
- Escriure els força a organitzar-se i a clarificar i ordenar els pensaments per poder-los expressar d'una manera lineal.
- Escriure força la seva atenció i els activa.
- Escriure els ajuda a veure si entenen o no els conceptes que s'estudien. Si no poden explicar una cosa probablement és que tampoc l'entenen.
- Si es demana que s'escrigui sobre un tema concret és possible que es tracti d'aprendre significativament sobre aquest tema, de manera que després serà més fàcil redactar les explicacions, que seran de més qualitat.
- Escriure ja és un sistema vàlid d'autoavaluació (sobretot si s'han donat indicacions i rúbriques sobre la forma com s'ha de realitzar la tasca).
- Escriure estimula la creativitat i el pensament crític. A més permet capturar les idees i connectar-les amb conceptes i coneixements que ja es posseeixen.

Evidentment, el portafolis pot incloure també presentacions orals, gravacions, programes d'ordinador i altres evidències a través de les quals l'estudiant hagi pogut aprendre els continguts de la matèria. Però és clar que escriure és l'habilitat essencial. Per a la majoria d'assignatures, com més material tinguem escrit més fàcil serà organitzar la col·laboració entre companys de classe, més senzill analitzar què ens manca per acabar les tasques encomanades i més senzill serà escriure la reflexió. D'altra banda, col·lateralment, el fet que es pretengui mostrar públicament un conjunt d'activitats realitzades durant el curs provoca que l'atenció dedicada a la realització de les pròpies activitats augmenti significativament. Aquest és potser

l'efecte indirecte més significatiu sobre l'aprenentatge produït per la introducció del portafolis a l'assignatura. Ni l'estudiantat ni els professors voldran que es publiqui qualsevol cosa, com per exemple els treballs amb errades gramaticals, mal organitzats o intel·ligibles, així que tots s'obligaran a treballar amb cura i precisió. L'evidència de saber que s'acabarà publicant la feina realitzada s'imposa des del començament de curs i tothom accepta de bon grat treballar amb plantilles, procediments i rúbriques per presentar treballs ben fets.

Relació amb altres competències genèriques

La preparació d'un portafolis assentat en els tres pilars de documentació, reflexió i col·laboració (vegeu la Fig. 29) per força ajuda a desenvolupar no sols la competència de comunicació escrita sinó també unes quantes més, com ara:

- Aprenentatge autònom: el portafolis pot descriure el procés a través del qual es mostren successius exercicis plantejats progressivament cada vegada amb menys guiatge i més autonomia.
- Treball en equip: un opció és redactar un portafolis, especialment si es tracta d'un portafolis d'assignatura, en grup. Si els estudiants han realitzat gran part de les tasques del curs en grup és perfectament possible que el portafolis sigui una tasca més a realitzar en grup, en la qual cada estudiant reflexionarà individualment al mateix temps en què es posen d'acord en la selecció de materials i en la redacció de la reflexió conjunta.
- Ús solvent de recursos d'informació: la majoria d'assignatures requereix que l'estudiant realitzi una sèrie de tasques durant el curs emprant diferents fonts informatives i recursos tecnològics. El portafolis, especialment l'electrònic, és l'eina ideal per mostrar aquest domini en recursos d'informació. Tal com es comenta a la secció 2.4.2.2, l'estudiant pot arribar fins a l'últim nivell de complexitat tecnològica, en el qual seria possible fins i tot incloure vídeo per mostrar les presentacions orals o aplicacions en Java a través d'un portafolis accessible per Internet.
- Segons com es plantegi, també la tercera llengua, que en els nostres estudis tècnics és preferentment l'anglès, en pot sortir beneficiada. El portafolis permet que els estudiants mostrin que efectivament dominen aquesta llengua, ja que hi poden preparar les solucions dels problemes, o les presentacions orals dels projectes.

La preparació del portafolis s'integrarà perfectament entre les tècniques d'aprenentatge actiu que hem de posar en marxa si volem centrar la docència en el que fa l'estudiant, en el nostre cas, aprenentatge cooperatiu i basat en problemes o projectes facilitarà la introducció d'autoavaluació i avaluació creuada entre companys que, com s'ha comentat, són les activitats de més alt nivell cognitiu [65] en la taxonomia del coneixement.

2.4.2.1 Tipus de portafolis

Tot i que existeixen diverses variants de portafolis en funció de les disciplines i que la flexibilitat a l'hora d'organitzar-los és molt gran, cal tenir en compte un parell de finalitats que es desprenen de la definició: 1) mostrar el procés d'aprenentatge

durant el curs (*developmental portfolio*); 2) mostrar els millors treballs (*showcase portfolio*).

Portafolis per mostrar el procés d'aprenentatge

En aquest portafolis, destaquen les explicacions o justificacions de la selecció de materials de tota mena (treballs, apunts de classe, resums d'estudi, exàmens resolts, gravacions, presentacions orals, etc.) que s'hi han inclòs, la forma com estan connectats aquest materials entre si i com han ajudat a assolir els objectius d'aprenentatge. L'estudiant pot deixar clar, per exemple a través de mapes conceptuals, quin era el seu punt de partida abans de realitzar el curs i com es posiciona cognitivament una vegada superat per afrontar els propers reptes de la matèria. En aquest sentit, per veure com s'han anat assolint els objectius, pot ser convenient realitzar la comparativa entre un exercici senzill resolt a començament de curs, que possiblement mostrarà mancances de tota mena i un altre exercici ja més complex de final de curs en el qual ja s'hauran adquirit els mètodes i els procediments per assolir la qualitat establerta.

Portafolis dels millors treballs

En aquesta altra classe de portafolis, en canvi, es dona rellevància a les millors tasques que ha dut a terme l'estudiantat durant el curs, deixant en segon terme el procés en què s'han realitzat els treballs. El professor, el tutor o el coordinador pot donar suport a l'estudiant a l'hora de seleccionar els seus millors treballs. És per això que un portafolis d'aquesta mena va més enllà de la pròpia assignatura i segurament convindria com a portafolis dels estudis complets per mostrar als possibles ocupadors les habilitats i coneixements de què disposa el titulat. Aquesta mena de portafolis connecta, doncs, amb el que seria el currículum professional [98], sent el propi interessat qui mantindria, modificaria, ampliaria i es faria responsable d'aquest recurs una vegada superats els estudis.

Si hi ha una professió en què l'ús del portafolis professional està més ben documentat i estès, tot i que en l'àmbit anglosaxó, és precisament la docent. Vegeu les referències [99], [100] i [101].

Elements d'un portafolis

Tant si és pretén un portafolis que mostri els millors treballs com si es tracta de fer el portafolis que ha de reflectir el procés d'aprenentatge, el contingut orientatiu ha de ser el següent:

- Full de portada i taula de continguts.
- Explicació i reflexió general de quines mostres o evidències del treball s'hi han inclòs, per què es consideren significatives i com entre totes es permet donar una visió holística del treball dut a terme per l'estudiant o el grup.
- Les mostres del treball, problemes, exercicis, etc. amb comentaris que les justifiquin.
- Fulls d'autocorrecció i indicacions de revisions i millores efectuades sobre els treballs.
- Objectius futurs que es plantegen l'estudiant o el grup basats en el nivell assolit en el curs actual i en els propis interessos.

- Altres comentaris i avaluacions realitzats pels professors i els companys de grup o de classe.

A la secció 3.1.4.3 es mostra l'exemple de configuració de portafolis de l'assignatura ED i a la 3.4.3.1 el desenvolupament del portafolis electrònic proposat a l'assignatura CSD.

Quan és idoni aplicar el portafolis?

A partir de l'experiència de la UPC durant els cursos pilot d'adaptació a l'EEES [102] i després de participar en fòrums de debat centrats en l'ús del portafolis en la docència amb professors d'altres universitats, així com revisant la bibliografia (una mostra de la qual es presenta en aquest document), es pot concloure que aquesta eina d'aprenentatge i avaluació és convenient per qualsevol assignatura que assumeixi que l'estudiant ha de ser el centre de l'aprenentatge, és a dir, una assignatura plantejada per professors del tipus 3 segons Biggs [11]. La literatura especialitzada, per exemple [103], [104] i [105] explica clarament que el portafolis és una eina que s'orienta i dona suport als nivells tercer i quart de docència (vegeu la secció 1.2.3). En ell veurem reflectit com és l'estudiant, què ha fet, com s'ha organitzat i fins a on ha arribat cognitivament i en habilitats una vegada superada la matèria. Emprar el portafolis implica necessàriament preparar una assignatura alineada constructivament (segons la Fig. 8). A més, sols a través de l'ús sistemàtic d'aquesta eina curs rere curs arribarem a perfeccionar-la fins que ens ajudi a assolir els objectius d'aprenentatge del nostre curs i en podrem treure tot el potencial educatiu.

El que no cal és que totes les assignatures d'un curs acadèmic facin ús del portafolis simultàniament, com tampoc és necessari que totes programin presentacions orals, treballin en grups cooperatius o preparin pòsters per exposar els treballs. La idea en la posada en marxa d'aquestes noves eines és la coordinació horitzontal i vertical de les matèries per racionalitzar sobretot el temps necessari per dur-les a terme. Confeccionar un portafolis implica dedicació no presencial de l'estudiant, i això s'ha de preveure a l'hora de programar el temps d'estudi a l'assignatura. L'experiència demostra que preparar el portafolis en un parell de matèries cada quadrimestre és més que suficient. Ja n'hi hauria prou per habitar l'alumne a generar documentació de qualitat i reflexionar i, per tant, a detectar com ho està fent i què ha de millorar o rectificar per al següent curs.

El portafolis com a eina d'avaluació

L'explicació prèvia del nivell de docència que volem implantar es pot complementar amb l'ús del portafolis com a eina d'avaluació. Reconèixer què sap l'estudiant tant a nivell de coneixements com de competències genèriques i usar l'avaluació com una activitat acadèmica més per aprendre implica anar molt més enllà del clàssic examen. Avaluar assignatures muntades segons el tercer o quart nivell de docència ha de ser forçosament més complex, en la línia que hem proposat anteriorment per exemple en presentar l'avaluació segons resultats (*performance assessment*).

El portafolis que reflecteix el procés d'aprenentatge, a través del qual l'estudiant haurà rebut retroalimentació en moltes de les activitats i haurà pogut millorar

qualitativament la forma en què aprèn, és un excel·lent sistema d'avaluació formativa. I no sols de coneixements específics de la matèria en qüestió, sinó també de competències genèriques, ja que mostra el nivell en què s'han après (les assignatures hauran d'haver decidit quines competències genèriques incorporen i amb quin nivell de qualitat ho fan, precisament la guia docent dels estudis mostra per cada competència i per cada nivell de qualitat dins de la competència què s'espera de cada estudiant). I a més, a final de curs, gràcies a la visió global que el professor acaba tenint del treball de l'estudiant, permet l'avaluació sumatòria. Per això és perfectament possible, en assignatures que han incorporat el portafolis, prescindir dels típics exàmens finals.

Per acabar-ho d'arrodonir, cal recordar que el portafolis té caràcter obert, es fa explícitament per mostrar la qualitat de l'aprenentatge, i per tant s'integra perfectament dins del model d'avaluació global de la institució [106]. Si per procedir a la certificació dels nous plans d'estudi es té la intenció de saber què és fa a les aules, quin és el nivell de coneixements i competències dels estudiants, de ben segur que els portafolis d'aprenentatge seran de gran ajuda.

Avantatges del portafolis

Els llistarem de forma resumida. Pel que fa als estudiants:

- Promou l'avaluació formativa. Beneficiarà tant l'estudiant, per les aportacions realitzades pel professor o pels companys, com el professor, ja que estarà al cas de què i com estan aprenent els estudiants (llegiu el document [44] de l'ICE per a més detalls).
- Permet que l'estudiant demostrï la profunditat del seu aprenentatge i que es fomenti la formació d'estructures cognitives més permanents. L'alumne intueix que el que fa editant el portafolis és genèric i li serà útil tant per millorar la forma d'aprendre en altres assignatures com per afrontar les seves primeres experiències laborals.
- Permet que prenguin més responsabilitat en el propi procés d'aprenentatge i augmenta la motivació per aprendre. Fins i tot pot ajudar a canviar la conducta i la forma d'abordar els estudis que tenen els estudiants menys acadèmics. Augmenta el nombre d'estudiants que aprenen significativament en lloc de superficialment (llegiu la secció 1.2.2.3).

Pel que fa als professors:

- La visió de la docència com una càrrega i una tasca gens gratificant canvia substancialment a mesura que es comencen a observar els resultats de la interacció amb els estudiants que la realització d'un portafolis comporta.
- Proporciona l'oportunitat de mostrar què s'està fent a l'aula, molt més del que han fet fins ara els exàmens parcials i finals, que més aviat són de caràcter reservat i privat. Consegüentment, es facilitarà la possible coordinació horitzontal i vertical de les matèries.
- El portafolis ajudarà en la valoració de la qualitat d'una assignatura en el context de les acreditacions de les titulacions.

Inconvenients del portafolis

La majoria dels inconvenients associats al desplegament de metodologies actives i d'una docència dels nivells tercer i quart, també són presumiblement propis del portafolis d'aprenentatge. Per exemple, per als estudiants llistaríem:

- Preparar bones evidències del que s'ha après, construir la resposta de cadascun dels exercicis que se'ls proposa, serà un repte continu durant tot el curs. Requerirà atenció constant i implicació. L'experiència ens mostra que els estudiants sempre troben aquesta docència activa molt més difícil de dur a terme, potser perquè han d'invertir-hi molt de temps d'estudi.
- Si les directrius no són clares els alumnes poden trobar-se perduts, sobretot en assignatures dels primers cursos, en els quals la introducció del portafolis és una novetat. Això obliga a programar les primeres setmanes de docència amb molt de compte perquè comencin a entreveure què s'espera d'ells tan aviat com sigui possible.

I per al professor:

- El temps que pot portar el procés d'avaluació, especialment al començament, amb la manca de pràctica en el nou mètode. Prescindir dels exàmens de coneixements per puntuar els estudiants, és un pas difícil per a qualsevol professor. Assegurar que el canvi que s'està duent a terme cap a una avaluació alternativa té com a mínim les mateixes garanties que podien tenir els exàmens implica un treball addicional certament important per al professor, sobretot al començament.
- El temps de planificació de l'assignatura per incloure-hi el portafolis. La base de tot plegat és evidenciar que l'estudiant està aprenent de forma significativa tant els continguts com les habilitats genèriques i, com tothom es pot imaginar, preparar materials que ens permetin arribar a aquest nivell, acostumats com estem a preparar exercicis que tenen majoritàriament la funció d'ensenyar-los a resoldre un examen en un temps molt curt, no és ni molt menys immediat. Preparar problemes, projectes i pràctiques de laboratori que obliguin els estudiants a construir les respostes, i no pas a triar-les d'una llista o obtenir-les a partir d'una fórmula senzilla és un gran repte que sols s'aconsegueix aplicant reiterativament el mètode.
- Com que s'ha de demostrar domini dels coneixements i de certes competències genèriques cal dissenyar un conjunt d'activitats eclèctiques tant per a dins com per a fora de l'aula per poder evidenciar que s'han après. I això també és ben diferent de la uniformitat que caracteritza la docència tradicional. El professor ha d'acceptar de bon grat aquesta tasca i el repte que li representarà l'experimentació.
- Un canvi substancial com la introducció del portafolis a l'assignatura requereix el suport i la col·laboració estreta entre els companys de secció o departament. Hem comprovat com adaptar-lo a una matèria convencional és difícil i no acaba donant els resultats esperats [108].

- El nombre d'estudiants d'una classe és el punt en què hi ha discussió i sempre retrain molts professors de tirar endavant iniciatives d'innovació docent. En aquest cas hi ha la possibilitat de plantejar el portafolis en grup dividint per tres o per quatre el nombre de carpetes.
- La necessitat de formar-se en la tècnica del portafolis, normalment a través de la participació en seminaris i jornades, de l'ICE per exemple, en un temps addicional que cal afegir a l'agenda.

2.4.2.2 Portafolis electrònic

En l'actualitat, i donat el conjunt de recursos TIC a la nostra disposició, és habitual que la majoria de portafolis d'aprenentatge proposats siguin electrònics. Hi ha molta literatura referent a aquest tema, per exemple [109], [110] i [111], així com infinitat de pàgines web que el desenvolupen, sent una bona referència per començar [112] i [113] i particularment en el context de les enginyeries [114], [115] i [116]. Disposem d'una gran varietat de noms per referir-nos al mateix concepte: *electronic portfolio*, *web-folio*, *cyber-portfolio*, *digital portfolio*. La diferència respecte als portafolis en paper és que està disponible en un CD o, millor encara, a través d'Internet. I és aquesta darrera característica la que li ha donat la gran acceptació i difusió que té avui en dia. El portafolis electrònic també es pot presentar en funció de l'objectiu final que tingui assignat, com mostra la Fig. 30. En aquest apartat es discutiran els aspectes més destacables de l'evolució del portafolis en paper que és el portafolis electrònic.

Nivells de complexitat tecnològica d'un portafolis electrònic

A l'hora de plantejar la realització d'un portafolis s'haurà de decidir el nivell de complexitat tècnica amb què es pretén treballar (Wyatt [100] i Barrett [112]). Com més alt sigui el nivell tecnològic, caldrà preveure i programar més hores d'estudi per realitzar la tasca.

- Nivell 0: L'estudiant té tots els documents en format paper, potser amb algunes gravacions en cinta magnètica.
- Nivell 1: Els documents s'han creat usant un processador de textos i es guarden en el disc dur, en algun servidor en xarxa o en algun CD.
- Nivell 2: La informació s'ha estructurat d'alguna manera: per exemple en una base de dades o bé s'ha realitzat una presentació amb transparències en PowerPoint. I, com abans, potser es guarda en algun disc portable.
- Nivell 3: Els documents s'han imprès en format PDF amb alguns enllaços entre la documentació i els fulls del portafolis. Els treballs en paper s'han escanejat i són accessibles electrònicament. El material del portafolis està organitzat en carpetes en un disc portable.
- Nivell 4: Els documents s'han traslladat a format *html* amb enllaços entre si, s'ha dissenyat una pàgina web i els materials s'han fet visibles a través d'Internet. O bé, de forma equivalent, s'ha usat una eina institucional de disseny de portafolis tipus Mahara [118] a la qual es pot accedir a través d'una intranet.

- **Nivell 5:** El portafolis està organitzat amb programari multimèdia, incorporant so i vídeo que s'han convertit prèviament al format digital correcte. El portafolis es guarda en un CD o bé es penja a Internet.

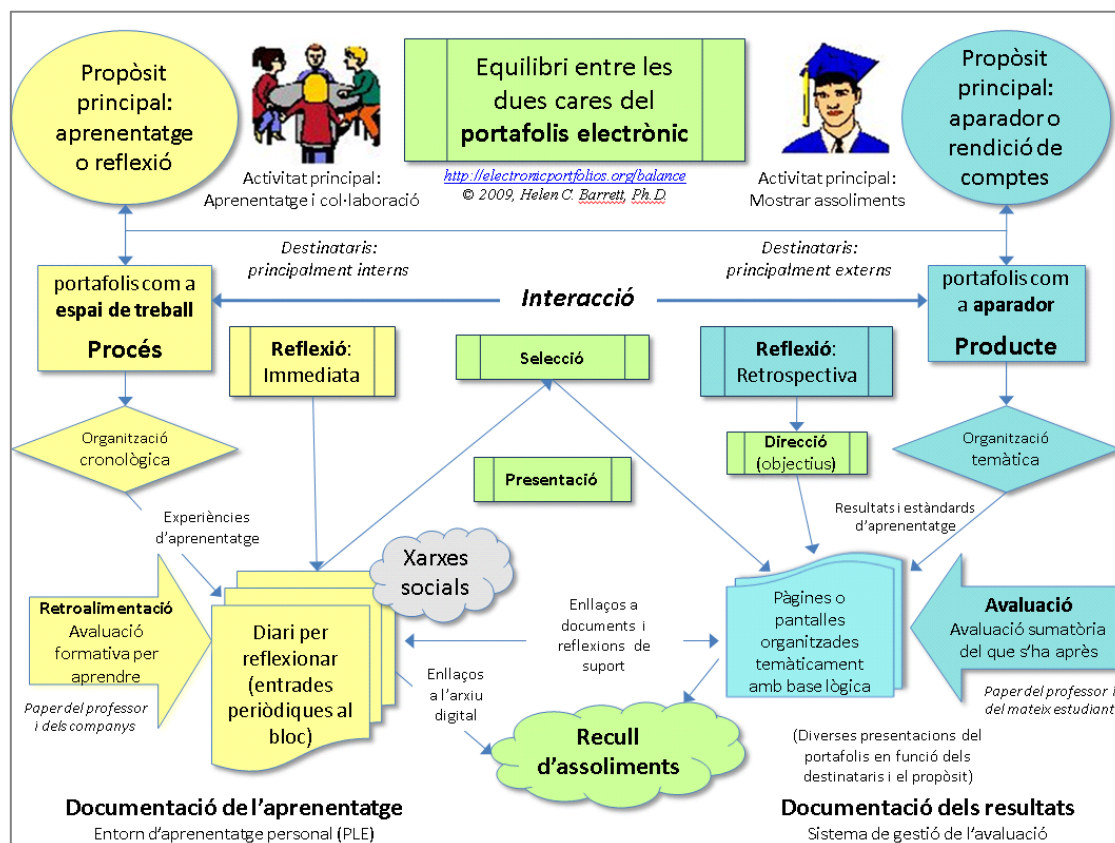


Fig. 30. Les dues aproximacions al portafolis segons Barrett [117].

Potser, de cara a la implementació del portafolis en l'educació superior, una referència rellevant és la Taula 17 [112], que categoritza el portafolis segons qui en sigui el propietari final, l'estudiant o bé la institució, suggerint al mateix temps un conjunt d'eines adequades.

Un parell d'exemples clarificaran les possibilitats del portafolis electrònic: una experiència aïllada d'una assignatura (1) i una activitat per a una escola completa (2):

- 1) Un professor pot decidir que els seus estudiants usin el Google Drive (el nou Google Docs) o fins i tot el Google Sites, un programari de creació de pàgines web de fàcil utilització, per estructurar el seu portafolis electrònic. A partir d'una plantilla de guia inicial proposada pel professor (recordem que aquesta eina és per a avaluar i el professor ha de ser capaç de trobar fàcilment els documents que busca), els estudiants van emplenant els seus portafolis amb llibertat i sense cap condicionament. L'estudiant pot decidir que el portafolis sigui accessible des d'Internet sense limitacions.
- 2) Una escola pot instal·lar l'aplicatiu Mahara per a què treballi conjuntament amb la plataforma de suport a la docència Atenea compartint bases de dades i estructura. Per posar-ho en marxa de forma generalitzada seria recomanable fer córrer l'experiència a través d'alguns grups pilots amb els professors i els

cursos interessats. Es requereix implicació de la institució, encara que sigui per subministrar suport tecnològic¹⁵. El portafolis romandria privat, consultable tan sols per les persones autoritzades.

Individual & Institutional			Institutional		
Authoring Tools	Static Web Services	Interactive Web Services	Software - Server required	Hosted Services	Assessment Systems - Hosted Services
Mozilla Composer Apple's iWeb , Dreamweaver , FrontPage (Expression Web) nVu , or any web authoring tool Microsoft Office & Open Office : Word, Powerpoint & Lecshare Pro Adobe Acrobat MovieMaker2 , PhotoStory3 , iMovie , or any video editing tool	GeoCities eFolio Minnesota Tripod Digication KEEP Toolkit GooglePages	WordPress (blog) WikiSpaces PB Wiki GoogleDocs - Document and Presentation Google Sites ZOHQ Writer EduSpaces (Elgg)	Userland's Manila Blackboard (old: Content System and new: Vista/CE) Open Source tools: Elgg , Mahara , OSPI , ePEARL Embedded in Moodle: Moofolio , MyStuff (U.K.) Open Source Content Management Systems: Plone , Drupal Microsoft SharePoint	Digication Think.com (K12 school accounts only) nuVentive's iWebfolio PebblePad (U.K.) Pupil Pages (K12) Epsilen My eCoach GoogleApps for Education	TaskStream College LiveText Chalk & Wire FolioTek nuVentive's TracDat Richer Picture
These are tools that can be used to author portfolios (offline), but require web server space to publish online. Portfolios created with these tools can also be published on CD-R or DVD-R. No interactivity*	These are static web services that an individual or institution may use to create and publish a presentation portfolio - little or no interactivity* (Web 1.0)	These are dynamic web services that an individual or institution may use to create and publish a presentation portfolio and allows interactivity* (Web 2.0)	These are systems that an institution would install on their own server to provide space for hosting portfolios. Interactivity* but NO data management system**	These are systems that an institution adopts (no server required) that host portfolios. Usually supports interactivity* but no data management** or reporting systems	There are hosted systems that an institution would adopt (no server required) that will allow hosting portfolios, facilitates interactivity, and includes a data management** and reporting system for assessment
*Interactivity allows dialogue and feedback in the portfolio, either through comments or collaborative editing. Level of Interactivity: Lower < ----- > Higher			**Data management system allows collection of evaluation data about portfolios, and can produce reports aggregating quantitative data.		
Level of Personal Expression and Creativity for the Portfolio Developer: Higher < ----- > Lower					

Taula 17. Categories de portafolis electrònics segons Barrett [112] i eines per muntar-lo segons qui sigui el propietari final del producte.

Avantatges i inconvenients del portafolis electrònic

Les mateixes consideracions apuntades per al portafolis en paper són vàlides aquí, però cal afegir-ne unes quantes més.

Avantatges:

- Demostra explícitament quin és el nivell de domini de les eines TIC per part dels estudiants (alfabetització digital): eines per escriure, presentar, elaborar gràfics,

¹⁵ La UPC disposa d'un projecte obert anomenat *Atenea-Labs* per promoure innovacions en l'entorn de la intranet docent a l'adreça <https://www.upc.edu/atenea/servei-atenea/atenea-labs-entorn>.

visualitzar, editar, fer pàgines web, inserir vídeo i so, etc. Aquesta mena d'habilitats, que al final ens ajuden a ser més efectius personalment, són de les més requerides per a la inserció laboral dels graduats. Llegiu per comprovar-ho alguns dels informes de l'Associació d'Amics de la UPC [119]. Mostrar a un futur ocupador un conjunt de portafolis electrònics pot ser l'argument definitiu a l'hora d'aconseguir una feina.

- Publicar a través d'Internet obliga a la seriositat i a la feina ben feta, molt més que no pas quan se sap que l'audiència d'un portafolis s'acaba amb el professor.
- La presentació del que s'ha après i de les habilitats es pot fer més amena i interactiva.
- És més fàcil emmagatzemar materials com ara presentacions en vídeo, gravacions i documents llargs, a part de facilitar-ne l'edició, correcció i introducció de millores.
- Permet enllaçar la documentació de forma que es fan més fàcils la preparació, consulta, revisió i visió conjunta. Podríem dir que la creació del portafolis és no lineal. Els estudiants no tenen perquè fer una cosa rere l'altre; així com la intel·ligència humana treballa per associació [109], també ho pot fer una pàgina web de portafolis enllaçant la informació.
- És fàcilment transportable i fàcil de distribuir.
- Es pot fer interactiu, o almenys pot incloure eines de correu electrònic per facilitar el diàleg entre l'estudiant i el professor, fins i tot abans de les dates de revisió.
- Seia interessant que un portafolis d'estudis (*showcase portfolio*) pogués aprofitar-se per a la realització d'un portafolis professional. Amb el portafolis enllacem amb el nou concepte d'entorn personal d'aprenentatge o PLE¹⁶ (*personal learning environment*) que tot just comença a desenvolupar-se. En aquest sentit, en la secció 3.4.4 es presentarà l'experiència de la carpeta d'aprenentatge de l'EETAC com exemple de portafolis d'estudis[120].
- Facilitarà la consulta en cas que la institució necessiti monitoritzar continguts d'assignatures, arrencar revisions de pla d'estudis o engegar processos d'acreditació o de qualitat [106].

Pel que fa als inconvenients:

- Temps de dedicació a l'assignatura que s'ha d'invertir en l'aprenentatge de les eines triades que, en funció del nivell tecnològic escollit, pot ser considerable. L'avantatge és que en tractar-se d'eines genèriques se'n pot planificar el domini verticalment. És a dir, es pot estratificar el nivell tecnològic dels portafolis electrònics durant els estudis, fent-t'ho tot plegat més senzill (amb la col·laboració de diverses assignatures).
- Disponibilitat per part de l'estudiant del maquinari i programari per a la realització i emmagatzematge del portafolis, tot i que avui ja no són concebibles uns estudis d'enginyeria sense un ordinador personal portàtil.

¹⁶ Un bon punt per començar és la xarxa ElfEL a: <http://www.eife-l.org>

- La institució, segons el nivell tecnològic triat, s'ha de comprometre amb recursos per un llarg període de temps per donar suport tant als estudiants com als professors.
- La discussió sobre qui ha de ser el propietari del portafolis: els alumnes, els professors o la institució. Aquest assumpte no és trivial, no està resolt i permet l'argumentació en tots els sentits (vegeu la Taula 17).
- La facilitat amb la qual es pot apilar informació a través d'Internet fa que la *forma sense substància* sigui un perill: ràpidament el portafolis pot contenir moltíssim més material que el necessari per demostrar els objectius d'aprenentatge del curs o bé poc material d'interès però embolcallat amb marcs, colors intermitents, enllaços espectaculars. Per això la tasca del professor, que sí que sap quin és el nivell cognitiu i habilitats de cada estudiant, és imprescindible.
- Si no es desenvolupa amb atenció i cura, si es perd de vista que, tot i l'espectacularitat d'Internet, és bàsicament l'eina a través de la qual s'avalua una assignatura alineada constructivament, pot acabar semblant que tot plegat és menys seriós que els típics exàmens tradicionals. Per això, les rúbriques sobre com avaluar el portafolis són essencials per fixar punts de vista i orientacions.

2.5 Millora continuada de la planificació docent

Quan es planteja una assignatura sistemàticament tal com hem anat descrivint s'entra en un cercle de millora continuada al llarg de diversos quadrimestres consecutius (Fig. 18). L'últim punt del procés, consistent en la recopilació i anàlisi de dades sobre el funcionament del curs, condueix inexorablement a la millora dels propers cursos perquè s'ha pogut detectar què no funciona prou bé i s'han previst mecanismes per resoldre els problemes, de forma que és possible assolir la millora continuada d'una assignatura imposant-hi un cicle de qualitat semblant al que implanta qualsevol empresa.

En aquesta línia, vegeu per exemple el projecte de Qualitat a l'Aula engegat a l'EETAC per part del professor Hernández [106] durant els plans pilot d'adaptació a l'EEES perquè un conjunt d'assignatures complissin la norma ISO 9001:2000 (sistema de millora continuada basada en processos). Moltes de les idees del projecte es van sintetitzar posteriorment en el monogràfic de l'ICE [107]. N'hem reproduït la Fig. 31 com a idea general de cicle de millora de la qualitat que s'estableix en considerar una assignatura com un procés sistemàtic d'ensenyament–aprenentatge.

En la línia d'anar introduint canvis progressius a les experiències de millora docent, molts dels quals són motivats per aquesta recollida i anàlisi d'informació sobre el procés, podem visualitzar a la Fig. 32 l'evolució d'una de les nostres experiències al llarg de quadrimestres successius.

Amb la voluntat de dur a terme aquesta millora continuada de la qualitat docent, una qüestió pertinent és:

Quina informació haig de recollir durant el curs i com l'he d'usar per a determinar què s'ha de millorar en la propera edició?

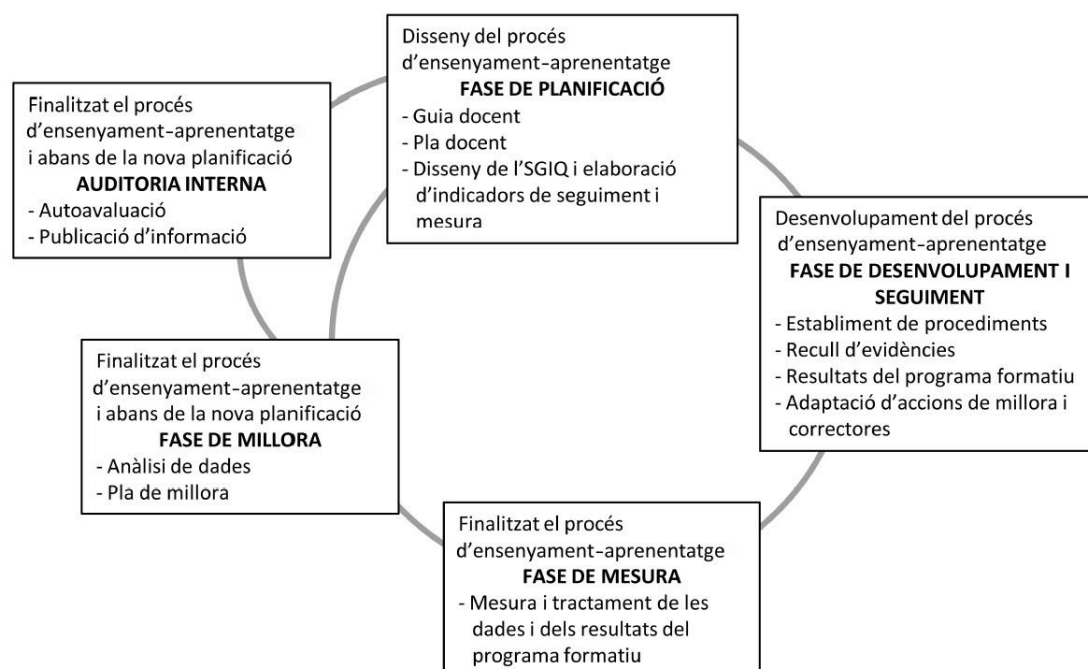


Fig. 31. La millora continuada del procés d'ensenyament i aprenentatge segons [107], en què en el context d'una assignatura l'equip de professors pretén implantar un sistema de garantia interna de la qualitat (SGIQ) en totes les fases.

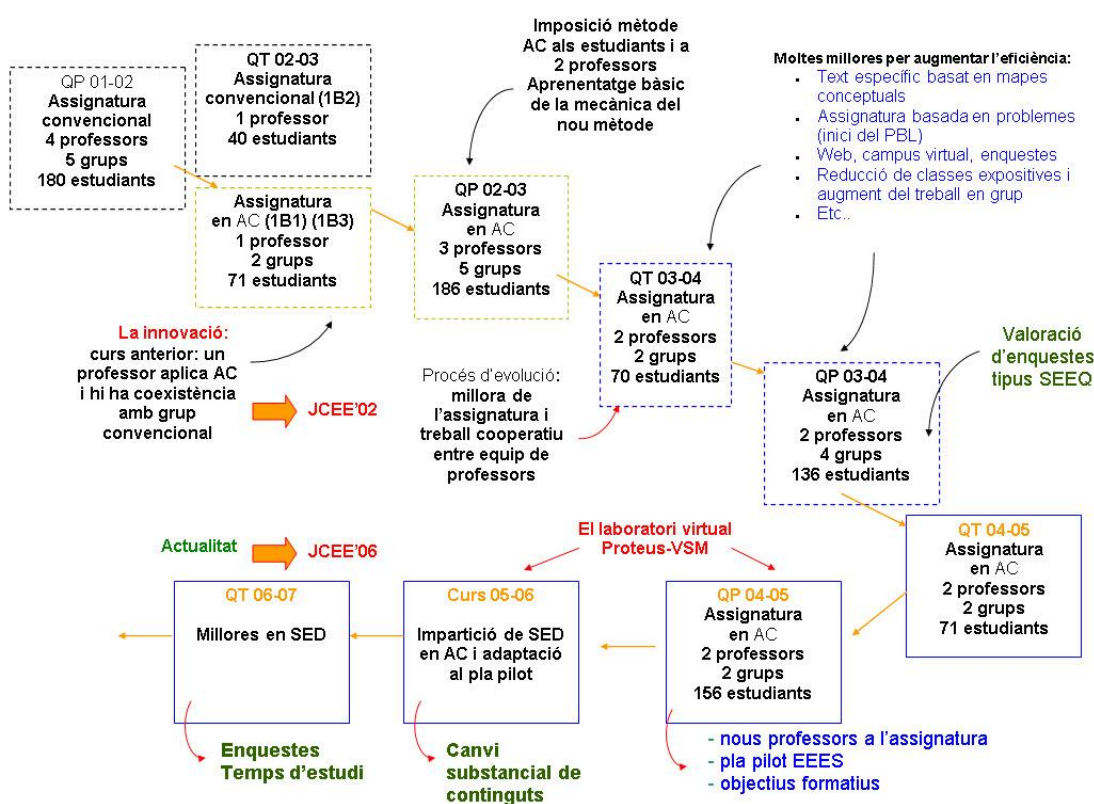


Fig. 32. Exemple de registre de les accions dutes a terme quadrimestre rere quadrimestre fins al 06-07 QT, per tal d'anar implementant les successives innovacions a l'assignatura ED i introduir-les a l'altra assignatura SED.

Les dades que permeten prendre decisions són diverses, concretament: el rendiment acadèmic, el temps d'estudi i les enquestes d'opinió d'estudiants i professors.

2.5.1 Recollida de dades

2.5.1.1 Dades de rendiment acadèmic

Tenint en compte que un dels nostres objectius és augmentar el rendiment acadèmic a través de la proposta d'experiències de millora basades en el canvi metodològic, les dades de rendiment acadèmic són les que primer classificarem i compararem. En el capítol 4.1 s'estudiaran les dades aportades per les nostres assignatures. Les experiències que s'hagin assajat i que no condueixin a millorar el rendiment acadèmic s'hauran de desestimar.

2.5.1.2 Dades de temps d'estudi

Per acotar la càrrega de treball o els ECTS corresponents a l'assignatura i per redistribuir o modificar el nombre i el tipus de tasques proposades. Al capítol 4.2 s'hi mostren els resultats.

2.5.1.3 Enquestes d'opinió

Per realitzar l'anàlisi és imprescindible disposar de les dades rellevants a tots els nivells el funcionament de les experiències i també de les percepcions de tots els implicats en el procés educatiu. Aquestes dades s'obtenen a partir de les enquestes, que a més es fan públiques regularment als webs de les assignatures. Les enquestes que s'han desplegat a la majoria de les assignatures sobres les quals s'ha experimentat són les següents:

- Enquesta de meitat de quadrimestre de l'EETAC. Els estudiants responen a preguntes bàsiques sobre el desenvolupament de les assignatures en què s'han matriculat aproximadament després dels exàmens de mitjan quadrimestre.
- L'enquesta oficial de la UPC. Durant els anys en què es realitzaven els plans pilot d'adaptació, aquesta va ser realment de poca utilitat, sols contenia quatre preguntes relacionades amb l'actuació docent i ha estat sempre objecte de molta controvèrsia. Vegeu-ne les preguntes a la Taula 18. Fins i tot més recentment, en realitzar-se en format electrònic, encara és menys efectiva perquè ha baixat el nivell de participació. És àmpliament reconegut avui en dia [121] que la pregunta que sol valorar més la universitat: "el professor de l'assignatura és un bon professor", que centra la docència en el nivell 2, generalment dóna resultats dolents als professors que innoven i assagen noves metodologies docents, precisament els que intenten introduir una docència del tipus 3. És a dir, els estudiants, en estar ensinistrats per atendre una docència regular, la majoritària i la que els permet romandre passius gran part del curs, no accepten de bon grat les pràctiques que els allunyen del que tenen preconcebut que ha de ser l'ensenyament universitari. Així, un dels factors contra els que també hem de lluitar és la inèrcia dels estudiants a acceptar i valorar els canvis. Hi ha autors [122] que asseguren fins i tot que els estudiants

haurien de tenir una formació inicial en les noves metodologies a l'aula per poder participar amb coneixement de causa en les enquestes de valoració de la tasca docent, una idea equivalent al fet que com més hagin estat exposats a mètodes d'ensenyament actiu, més capacitats metacognitives tindran al seu abast per valorar correctament els docents i les metodologies que aquests empren. Pel que fa als nous plans d'estudi adaptats a l'EEES, la UPC va replantejar els qüestionaris donant peu a moltes més possibilitats de valoració de la tasca docent ([123] i [124]). D'aquí que ens puguin ser força més útils a l'hora d'extreure conclusions sobre el funcionament de les experiències que duem a terme. Hem de dir, malauradament, que els qüestionaris han estat recentment modificats¹⁷ i reduïts novament als models de poques preguntes que hi havia fa una dècada.

- Els qüestionaris d'incidències crítiques (QÜIC). Quan es realitza una activitat no habitual de caire innovador, com per exemple una exposició preliminar d'un projecte o un puzzle per aprendre autònomament uns determinats continguts, és convenient realitzar abans de finalitzar la prova una enquesta amb simplement un parell de preguntes: què ha estat el més positiu i el més negatiu de l'experiència realitzada [125]. Els resultats d'aquesta mena de qüestionari permeten detectar ràpidament si hi ha alguna incidència crítica, alguna cosa que cal canviar o replantejar immediatament durant el transcurs del curs. Els resultats es poden fer públics per facilitar també la reflexió als estudiants sobre quines han estat les impressions generals de la classe.

Primera part: Valoració del docent

- Pregunta 1: Crec que aquest/a professor/a m'ha ajudat a comprendre aquesta matèria.
- Pregunta 2: Penso que està motivat/ada en la matèria que imparteix.
- Pregunta 3: Considero que es mostra receptiu/iva per resoldre els dubtes dels estudiants.
- Pregunta 4: Penso que el/la professor/a que ha impartit aquesta assignatura és un bon/a professor/a.

Segona part: Valoració de l'assignatura

- Pregunta 1: Crec que el seguiment d'aquesta assignatura m'aporta nous coneixements.
- Pregunta 2: Crec que el temps de treball personal que s'ha de dedicar a aquesta assignatura per tal de seguir-la amb aprofitament per hora de classe impartida és aproximadament:
1. >2 hores; 2. de 1 a 2 hores; 3. 1 hora; 4. <1 hora; 5. Cap
- Pregunta 3: La matèria que es tracta en aquesta assignatura m'interessa.
- Pregunta 4: Les condicions (espais, materials, equipaments...) en què s'imparteix aquesta assignatura crec que són adequades.
- Pregunta 5: La meua valoració global de l'assignatura és positiva.

Taula 18. Contingut de les primeres enquestes de l'estudiantat sobre la docència.

¹⁷ Acord núm. 34/2015 del CG de la UPC pel qual s'aprova el nou model d'enquestes a estudiants de la UPC sobre l'actuació docent i les assignatures.

- Enquesta adaptada de tipus SEEQ (*Students' Evaluation of Educational Quality*). Es tracta d'un dels qüestionaris més referenciats en l'àmbit universitari [126]. Està plantejat segons l'entorn clàssic en què el professor és el centre del procés ensenyament-aprenentatge i pressuposa que el paper que aquest desenvolupa a l'aula és fonamental. Per tant, s'ha modificat de forma convenient per tal d'adaptar-lo mínimament a les metodologies de treball en grup modificant-ne algunes preguntes i afegint-ne algunes altres per fer palesa la responsabilitat que ara recau sobre l'estudiant. Al capítol 4.4 es comentaran alguns resultats obtinguts en els qüestionaris i com han anat influint en la remodelació de les successives edicions dels cursos.

2.5.2 L'informe de millora continuada

Un cop acabada una experiència al final d'un o diversos quadrimestre convé redactar un informe per a discutir els docents implicats oralment o per a formar part d'una publicació o seminari per estendre l'experiència. Aquest informe hauria d'incloure les idees següents [50]:

- Com ha anat evolucionant la nostra idea general amb el pas del temps.
- Com ha anat evolucionant la nostra comprensió del problema al llarg del temps.
- Quines etapes de l'acció es van emprendre a partir de la comprensió d'aquest canvi de situació.
- En quina mesura es van posar en pràctica les accions proposades i com es van resoldre els problemes d'implementació.
- Quins efectes, pretesos i imprevistos van produir les nostres accions i per què van ocórrer.
- Quines tècniques seleccionem per recollir informació i quins problemes trobem en utilitzar-les.
- Problemes ètics de qualsevol tipus que es van plantejar en discutir l'accés a la informació i la seva divulgació i la manera de procurar resoldre'ls.

Reflexionar basant-nos en les dades d'aquest informe facilitarà la millora de l'assignatura en els propers cursos, identificant els punts clau per establir nous cicles d'investigació. En el fons, es tracta de permetre que els docents discuteixin vivament com ha anat el curs, molt més enllà del que es fa força habitualment, que consisteix simplement a valorar el rendiment i plànyer-se si no ha estat bo.

2.6 Decàleg per implementar el model sistemàtic

Com a resultat d'aquest capítol en què s'estudien els diversos mecanismes implicats en l'elaboració d'un mètode sistemàtic d'impartició de docència, així com de l'experiència assolida en disseminar els nostres resultats en publicacions, congressos, cursos i discussions crítiques amb els nostres companys d'arreu de l'estat, plantegem a la Taula 19 una llista de conceptes fonamentals que ajudaran el professor a engegar una innovació docent sistemàtica a les seves classes compatible amb les directrius de l'EEES pel que fa a l'aprenentatge centrat en els estudiants i focalitzada en el

desplegament de coneixements i competències. Aquest decàleg explica, sota el concepte general, com ho hem intentat aplicar nosaltres en les matèries de tecnologia electrònica que seran objecte del capítol següent.

A: Objectius d'aprenentatge	1	<p>Explica per què vols dur a terme una innovació docent d'aprenentatge centrat en l'estudiant i quina mena de resultats n'esperes.</p> <p>(Nosaltres ens hem posat a treballar en aquest camp per unes raons ben fonamentades, generalment lligades a les limitacions que ens ofereixen les metodologies tradicionals o la tipologia dels estudiants per desplegar correctament l'EEES a la nostra àrea.)</p>
	2	<p>Defineix clarament els objectius d'aprenentatge, és a dir, el que els alumnes han de ser capaços de fer a la fi del curs. Inclou-hi objectius de caràcter genèric.</p> <p>(Nosaltres hem intentat classificar-los segons la taxonomia simplificada en tres nivells.)</p>
B: Activitats i temps d'estudi	3	<p>Estem poc habituats a planificar què se'ls encarrega fer a fora de l'aula i no podem observar aquest treball directament sinó a través dels materials que ens lliuraran. Per tant, estableix amb detall el que els alumnes han de fer a classe i sobretot a fora de l'aula, és a dir, planifica tot el temps d'estudi.</p> <p>(La pròpia definició de l'ECTS inclou tot el temps d'estudi i no pas solament el temps presencial i hem comprovat que aquestes tècniques d'aprenentatge actiu no funcionen si no es treballa amb constància fora de l'aula. Les nostres planificacions setmanals inclouen tots els detalls del que han de fer els alumnes durant tot el temps d'estudi. Hem triat problemes de tipus PBL per vehicular l'assignatura.)</p>
	4	<p>Assegura't que el pla d'activitats proposades el formen passos assequibles però també un final ambiciós.</p> <p>(Hem comprovat que per a assignatures de primers cursos convenen problemes d'una o dues setmanes i, per a cursos més avançats, els projectes es poden allargar fins a quatre setmanes. El contingut s'ha d'anar construint i consolidant necessàriament amb tècniques d'aprenentatge significatiu.)</p>
C: Metodologia activa	5	<p>Usa tècniques d'aprenentatge actiu per estructurar les activitats i per motivar els estudiants a recórrer el curs.</p> <p>(Nosaltres hem apostat per especialitzar-nos en l'aprenentatge cooperatiu (AC).)</p>
	6	<p>Estableix lliuraments: els resultats de les activitats programades que posen de manifest si la feina s'ha fet correctament o no i si l'estudiant treballa de forma regular.</p>

		(Hem comprovat que és necessari programar alguna mena de lliurament en cada pas, si és que es vol fer un seguiment del que sap l'estudiant. El portafolis ens ajuda a observar l'evolució dels seus treballs i com va reflexionant a mesura que avança el curs.)
D: Avaluació de l'aprenentatge	7	<p>Estableix mecanismes de retroalimentació (<i>feedback</i>) immediat a partir dels lliuraments del curs i el desenvolupament de les classes. És a dir, usa freqüentment l'avaluació formativa.</p> <p>(Hem comprovat que no sempre es necessària la correcció escrita, moltes vegades la retroalimentació es pot fer de forma oral, a la mateixa aula o al despatx. La qüestió clau és que els estudiants observin que el professor fa el seguiment dels seus projectes.)</p>
	8	<p>Prepara, durant el curs, accions específiques per als estudiants que tenen més dificultats i també per als que van més avançats.</p> <p>(Hem comprovat que davant de la càrrega de treball estàndard d'un curs, hi ha estudiants que demanen avançar més ràpid i d'altres que requereixen molta més atenció. La docència resulta fortament individualitzada. Nosaltres afegim apartats opcionals en els problemes i invitem els alumnes a explorar-los.)</p>
	9	<p>Dissenya un esquema de qualificació -avaluació sumatòria- que sigui un estímul per a recórrer el curs.</p> <p>(Hem optat per exercicis PBL amb controls individuals de mínims per sorpresa per verificar que realitzen correctament el treball en grup. A més, valorem força la realització del portafolis i puntuem també l'actitud i la participació.)</p>
E: Avaluació del procés	10	<p>Estableix un pla de recollida d'opinions dels alumnes i professors sobre com està anant el curs i usa aquestes dades com a motor d'un procés de millora continuada.</p> <p>(Les enquestes són bàsiques tant per detectar situacions conflictives puntuals com per realitzar ajustaments de cara als propers cursos. Són eines imprescindibles si es pretén consolidar les innovacions en el temps i fer-les assequibles al col·lectiu de professors de la matèria.)</p>

Taula 19. Proposta de decàleg de conceptes perquè qualsevol professor posi en marxa un pla docent innovador centrat en el model de docència del tercer nivell: Què fan els estudiants? (vegeu la Taula 7). S'inclouen indicacions del camí que hem seguit en les nostres experiències basades en el model sistemàtic proposat en aquesta tesi (Fig. 18).

Força llistes de procediments semblants als proposats en aquesta Taula 19 són fàcils de trobar a la literatura i, com en el nostre cas, els autors solen emfasitzar les experiències que els han donat bons resultats. Una llista exhaustiva que destaca és la que proposen Sangrà et al. [61], especialment pensada per desenvolupar un mètode sistemàtic ADDIE per a l'ensenyament *online*.

3 Aplicació del model sistemàtic a les assignatures de l'àrea de tecnologia electrònica

El mètode sistemàtic descrit en el capítol 2 admet, evidentment, moltes possibilitats i variacions a l'hora d'aplicar-lo en assignatures concretes. En aquest capítol es pretén mostrar els canvis assolits en el projecte docent de les matèries relacionades amb l'àrea objecte d'estudi del doctorand al centre EETAC per als estudis presencials de telecomunicació, àrea de coneixement de tecnologia electrònica del departament d'Enginyeria Electrònica de la UPC. L'objectiu d'aquest capítol és presentar detalladament l'experiència de transformació de l'assignatura Electrònica Digital (ED) d'assignatura clàssica a assignatura sistemàtica. Es mostraran més succintament algunes variacions introduïdes en altres assignatures de l'àrea, amb l'objectiu de corroborar que el mètode sistemàtic defensat en aquest treball és fàcilment adaptable i que no es tracta d'una metodologia restringida a un determinat tipus d'estudiants o de coneixements.

L'efectivitat del mètode sistemàtic proposat es mou dos sentits:

- 1) Permetre que els professors de l'àrea el posin en pràctica sense més complicacions de les previstes i anticipades.
- 2) Garantir que els estudiants matriculats aprenen significativament els continguts dels cursos amb competències genèriques addicionades amb un rendiment substancial.

Al mateix temps s'usarà la base bibliogràfica i d'articles de recerca per poder comparar les experiències dutes a terme i emmarcar-les en el seu context teòric. D'aquesta manera, tot i que la tesi es basarà en l'experimentació en l'àrea de tecnologia electrònica, quedarà demostrada la transversalitat de les propostes amb la possibilitat d'adaptar-les a altres àrees de coneixement. La major part d'experiències que es descriuen es basen en assignatures del pla d'estudis vell d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, pla en què se'ns va permetre experimentar amb gran llibertat de metodologies.

El conjunt de matèries sobre les quals s'ha realitzat alguna prova concreta d'innovació o bé una renovació total a partir de la base del mètode sistemàtic apareix a la Taula 20 amb indicació del quadrimestre en què es va experimentar.

Cursos	Assignatures							
	ED	SED	CiC	LG1	LG2	IB	SDR	CSD
02-03 Q1	✓							
Q2	✓							
03-04 Q1	✓							
Q2	✓							
04-05 Q1	✓			✓				
Q2	✓				✓	✓		
05-06 Q1	✓	✓		✓				
Q2	✓	✓			✓	✓		
06-07 Q1	✓	✓		✓				
Q2	✓	✓	✓					
07-08 Q1	✓	✓						
Q2	✓	✓	✓				✓	
08-09 Q1	✓	✓	✓					
Q2	✓						✓	
09-10 Q1	✓							
Q2	✓						✓	
10-11 Q1								✓
Q2							✓	✓
11-12 en endavant								✓

Electrònica Digital (1B); SED: Sistemes Electrònics Digitals (2A); CiC: Components i Circuits (1A); LG1: Lideratge de grups I (lliure elecció); LG2: Lideratge de grups II (lliure elecció); IB: Instrumentació i Bioenginyeria (2B-3A) (optativa); SDR: Sistemes Digitals Reconfigurables (2B-3A) (optativa); CSD: Circuits i Sistemes Digitals (2A).

Taula 20. Assignatures i quadrimestres en què s'han desenvolupat les experiències d'innovació que han estat la base d'aquest treball.

Per acabar de completar el quadre d'actuacions cal indicar les experiències realitzades pel que fa a la tutoria d'estudiants. A l'EETAC els estudiants tenen el mateix tutor al llarg de tots els estudis, de forma que aquest pot intervenir en les seves problemàtiques des que s'hi incorporen fins que pràcticament es titulen. Com que a més de tutor, l'autor ha estat coordinador de tutors de l'escola entre els anys 2003 i 2007, en què es va posar en marxa el pla d'acció tutorial (PAT) de la UPC a l'EETAC, s'explicaran algunes iniciatives de: 1) tutoria acadèmica activa en estudiants de la fase inicial i 2) desenvolupament de competències professionals en estudiants a punt de graduar-se. Amb la davallada constant de les notes d'accés als estudis de telecomunicació (vegeu la Fig. 84), l'estudiantat cada cop té menys habilitats de base i força dificultat per seguir no sols les assignatures tradicionals, sinó també les assignatures adaptades com les que proposem en aquest treball. Per això l'interès a

desenvolupar un sistema eficaç de tutories que ens permeti complementar les mancances en formació inicial.

Concretament, l'assignatura sobre la qual es proposarà d'adaptació a l'EEES seguint les pautes del mètode sistemàtic és:

- 1) Electrònica Digital (1B): Circuits combinacionals i sistemes seqüencials.

D'altra banda, s'explicaran algunes variacions realitzades a altres assignatures de l'àrea per demostrar l'efectivitat i adaptabilitat del mètode:

- Assignatures de fase inicial:
 - 2) Components i Circuits (1A): Components i magnituds elèctriques, anàlisi de circuits resistius, circuits amb amplificadors operacionals i circuits de primer ordre amb condensadors i inductàncies.
- Assignatures d'especialització:
 - 3) Sistemes Electrònics Digitals (2A) i Circuits i Sistemes Digitals (2A): Dispositius lògics CPLD i FPGA programats en VHDL, microcontroladors (Microchip, Atmel, etc.) i programació en C.
- Assignatures optatives:
 - 4) Sistemes Digitals Reconfigurables (2B-3A) (optativa): Dispositius lògics CPLD i FPGA programats en VHDL, PSoC, microcontroladors (Cypress Semiconductor) i programació en C.

Tal com s'observa, es tracta de matèries encadenades verticalment respecte dels coneixements tècnics. El seguiment per part del doctorand d'alguns estudiants a través d'aquestes d'assignatures ha permès validar el nivell i la qualitat de l'aprenentatge assolit tant pel que fa a coneixements tècnics com a competències transversals. A més, la verticalitat de les assignatures permet visualitzar les diferències i particularitats en què es plantegen els objectius formatius i l'assoliment de competències segons el curs que es tracti.

Amb aquest treball volem demostrar que els primers cursos requereixen un esforç docent molt més considerable que els cursos més avançats, en els quals els alumnes ja tenen força competències genèriques adquirides. Una asseveració que des del punt de vista de la programació tradicional d'assignatures no es contempla, ja que habitualment es planifiquen amb la mateixa càrrega docent totes les assignatures dels estudis; tots els professors fan, per exemple, vuit hores de classe i sis hores de tutoria, amb independència de si han de treballar amb estudiants acabats d'entrar a la universitat o estudiants de cursos avançats. La docència del tipus 1 (secció 1.2.3) no preveu més atenció als estudiants de primers cursos, com ara un redoblament de les hores d'atenció o grups amb menys estudiants per poder-los atendre millor, sinó que sense cap particularització els estudiants s'adapten -si poden- al que significa una assignatura tradicional universitària.

La base conceptual per planificar les nostres experiències és el mètode sistemàtic basat en cinc punts proposat en els cursos d'adaptació a l'EEES desenvolupats per

l'ICE-UPC presentat en el capítol 2 (vegeu la Fig. 18). A la Taula 21 es resumeixen els conceptes més significatius i paraules clau associades a cada punt.

1) Objectius específics i competències transversals.	Integració de competències específiques i genèriques.
2) Programació d'activitats.	Preparació de nous materials docents, mapes conceptuals, exercicis i activitats PBL, web portafolis d'assignatura.
3) Metodologies a l'aula.	Treball cooperatiu, puzzle per adquirir continguts específics.
4) L'avaluació continuada com una activitat més d'aprenentatge.	Exàmens de coneixements mínims per al seguiment del treball en grup, avaluació formativa, ús de rúbriques de qualitat per a la preparació i correcció de treballs, esquema d'avaluació sense exàmens tradicionals, dossier d'aprenentatge de l'estudiantat.
5) Reflexió sobre el procés docent basant-nos en les opinions dels estudiants i els altres col·lectius implicats. Cicle de millora contínua.	Enquestes de tipus SEEQ, implementació del mètode sistemàtic en assignatures amb gran nombre d'estudiants.

Taula 21. Experiències remarcables d'innovació docent dutes a terme a l'assignatura ED.

A més de les experiències explicades en aquest capítol i de la descripció de la pàgina web de les assignatures, objecte de la secció 3.2, en el capítol 4 s'ofereixen altres experiències des de la perspectiva dels resultats obtinguts, com ara l'ús de l'anglès com a llengua vehicular, la realització d'enquestes sobre el procés d'ensenyament i aprenentatge o la càrrega de treball que aquest implica per als docents compromesos en metodologies actives. No és la intenció d'aquest treball explicar tota la tasca realitzada ni tots els objectius ni tots els resultats obtinguts, per això aquesta informació es pot consultar en obert al portafolis web de l'assignatura.

A la secció 3.4 explicarem els treballs en altres assignatures en alguns punts determinats del mètode sistemàtic (redacció d'objectius, proposta d'activitats, formats d'avaluació, etc.) per facilitar la comparativa i analitzar les variacions que implica haver d'adaptar-se a alumnes de cursos diferents.

3.1 L'experiència pilot a l'assignatura Electrònica Digital (ED)

3.1.1 Redacció d'objectius d'aprenentatge

L'assignatura ED impartida en el quadrimestre 1B de primer curs, abans de realitzar cap experiència, es descrivia a la guia docent¹⁸ de la forma següent:

¹⁸ http://digsys.upc.es/sed//ED/ED_Guia_assignatura_01_02_Q2.pdf

El primer objectiu de l'assignatura Electrònica Digital és proporcionar a l'estudiant els coneixements i eines bàsiques per a l'anàlisi i disseny de circuits electrònics digitals senzills. Així com els programes d'ordinador que faciliten i complementen la tasca del dissenyador.

El segon objectiu és el de familiaritzar l'estudiant amb les característiques i la utilització dels circuits electrònics digitals clàssics. D'altra banda, es pretén donar-li una perspectiva de l'evolució que ha experimentat aquesta matèria, caracteritzada pel seu desenvolupament tecnològic tan accelerat. Els dispositius lògics programables (PLD) i la descripció de sistemes digitals en llenguatge VHDL en són una bona mostra.

Finalment es pretén introduir els sistemes digitals programables més comuns que són al nucli d'infininitat de productes, màquines i aplicacions d'enginyeria. L'aprenentatge de l'arquitectura bàsica d'un sistema microprocessador amb els seus perifèrics més usuals s'aplicarà sobre un producte concret: la família de microcontroladors PIC.

El programa organitzat en tres grans blocs s'ha preparat per tal de donar una base de coneixement suficient de la matèria fins i tot als futurs estudiants de l'especialitat en Sistemes de Telecomunicació ja que a diferència dels estudiants d'especialitat Telemàtica no tenen assignatures troncal·ls addicionals d'electrònica digital.

I tot seguit s'inclou el temari detallat del curs tal com ho fa qualsevol altra assignatura sobre la matèria, detalls de com es duia a terme l'avaluació amb exàmens clàssics i bibliografia recomanada. Òbviament, la metodologia docent ni es mencionava perquè era la tradicional, basada en classes expositives.

En arrencar les primeres experiències d'innovació, com que pretenem que els estudiants dissenyin de forma modular i jeràrquica sistemes digitals senzills basats en els circuits integrats clàssics més comuns, és a dir, que construeixin petits projectes del món real que funcionin, hem de començar escrivint els objectius d'aprenentatge atenent a les indicacions de la secció 2.1, classificant-los segon la taxonomia simplificada respecte del seu nivell cognitiu. D'entrada, els continguts s'organitzaran en dos grans blocs: circuits combinacionals i sistemes seqüencials, cadascun dels quals permet aplicacions pràctiques, on el segon capítol requereix un primer capítol ben construït. A més l'èmfasi del curs, posat en la resolució de problemes, ens obligarà a objectivar les habilitats que li són pròpies [64], tal com recerca d'informació, comunicació oral i escrita, treball en grup, autoavaluació, planificació de tasques i temps d'estudi, etc. La Taula 22 mostra el nombre i descripció dels objectius que es van preparar de cara a les primeres experiències. S'hi observa el contrast amb la forma tradicional de presentar l'assignatura, tot i que encara se segueix un cert ordre que ve donat pel temari convencional. Ja hem comentat que la llista definitiva d'objectius no deixa de ser fruit d'un procés evolutiu a través de l'aplicació iterativa del mètode sistemàtic, tot i que la primera vegada que ens hi posem, el canvi ja és força significatiu i interessant de reportar als companys [127]. En aquest sentit, la secció 3.3 explica com es pot començar a desenvolupar gradualment una experiència d'innovació docent a partir d'una assignatura tradicional.

Objectius específics per nivells de competència

Nivell 1: Adquisició de coneixements.

Nivell 2: Comprensió.

Nivell 3: Aplicació.

En finalitzar l'estudi del Tema 1 sobre circuits combinacionals, l'estudiant haurà de ser capaç de:

1. Recordar els sistemes de numeració binari, octal i hexadecimal i els codis més habituals de representació d'informació (binari natural, BCD, Gray, ASCII, etc.).
(Nivell 1)
2. Definir les tècniques de canvi de base de numeració i explicar les operacions aritmètiques (suma, resta) amb nombres enters codificats en complement a dos (2C).
(Nivell 2)
3. Utilitzar l'àlgebra de Boole, les seves propietats i tècniques (formes canòniques, minimització, Karnaugh, etc.) per implementar funcions lògiques senzilles.
(Nivell 3)
4. Comparar les famílies lògiques i les característiques elèctriques més significatives (nivells de tensió, marges de soroll, potència dissipada, temps de propagació, etc.). Interpretar la informació bàsica recollida en els fulls de fabricant (*datasheets*) per calcular la màxima freqüència d'operació i el consum d'energia.
(Nivell 2)
5. Comparar el mètode de disseny a tres nivells de portes amb el mètode modular o estructurat per al disseny de sistemes combinacionals senzills.
(Nivell 2)
6. Dissenyar blocs combinacionals estàndards lògics i aritmètics i el seu encadenament (multiplexors, descodificadors, sumadors, etc.) aplicant el disseny modular.
(Nivell 3)
7. Utilitzar els multiplexors, descodificadors i els dispositius lògics programables (PLD) per implementar funcions lògiques combinacionals.
(Nivell 2)
8. Recordar el programari d'ajuda al disseny de circuits digitals i identificar les característiques bàsiques del llenguatge de descripció de maquinari (VHDL).
(Nivell 1)

En finalitzar l'estudi del Tema 2 sobre sistemes seqüencials, l'estudiant haurà de ser capaç de:

9. Identificar el concepte de *memòria*; enumerar les cel·les de memòria d'1 bit: biestables asíncrons (*latches*) i síncrons (*flip-flops*) i identificar les diferències entre un sistema seqüencial síncron i un d'asíncron.
(Nivell 1)
10. Aplicar les equacions que governen el funcionament de circuits de rellotges (*clock*) i temporització (*timer*).
(Nivell 2)
11. Comparar les tècniques de disseny de sistemes seqüencials directa i canònica i aplicar-les a la implementació de sistemes senzills amb *latches* (asíncrons) i *flip-flops* (síncrons).
(Nivell 2)
12. Descriure el funcionament i encadenament dels blocs seqüencials estàndards (comptadors, registres) així com aplicar la tècnica del disseny canònic per a l'anàlisi i la implementació interna modular a partir d'unes especificacions.
(Nivell 3)
13. Enumerar els diferents tipus de memòries ROM, EPROM, EEPROM i RAM i aplicar-les per implementar bancs de memòria i funcions lògiques.
(Nivell 3)

14. Explicar el concepte de processador digital seqüencial format a partir d'una unitat operativa i una unitat de control.	(Nivell 2)
15. Concebre, redactar i presentar un projecte d'aplicació d'electrònica digital que integri components comercials i circuits d'ambdós temes de l'assignatura.	(Nivell 3)
Aptituds i actituds	
1. Utilitzar la biblioteca i Internet per cercar materials per a l'estudi (també en anglès tècnic) relacionats amb els sistemes digitals.	(Nivell 1)
2. Adquirir informació autònomament, saber-la explicar als companys i assegurar-se que l'han après bé. Treballar en equip cooperatiu de forma efectiva per desenvolupar projectes, planificar les activitats, l'estudi i el temps d'estudi. Classificar i ordenar la documentació generada mitjançant un dossier d'aprenentatge.	(Nivell 2)

Taula 22. Relació d'objectius d'aprenentatge proposats per l'assignatura ED.

Per assolir els objectius específics i genèrics de la Taula 22, ha estat necessari des de les primeres experiències ampliar els conceptes i l'estructura de l'assignatura per poder desplegar noves activitats i formes d'avaluació. Llegiu més informació als webs de les assignatures [128] i vegeu la Fig. 33, que mostra en verd els dos grans blocs temàtics d'ED habituals en aquesta matèria; en blau, els materials que cal afegir al temari ordinari per poder complir alguns dels objectius de la llista, incloent el projecte d'aplicació integrador, i en carabassa, la realització del portafolis de grup cooperatiu que implica evidenciar el treball realitzat i el nivell de qualitat de l'aprenentatge assolit pel que fa a competències genèriques i coneixements. A més, per motivar i predisposar l'estudiant a realitzar les activitats proposades, es pretén, a través de sessions de caire demostratiu, presentar aplicacions del maquinari (microcontroladors, CPLD, etc.) i programari (assemblador, C, VHDL, etc.) que usará en les assignatures de cursos superiors en les quals ja se li plantejarà el disseny de sistemes digitals complexos.

3.1.2 Activitats per assolir els objectius: PBL

A partir del model d'aprenentatge basat en problemes (PBL) presentat en el capítol 2, és possible plantejar activitats per assolir els ambiciosos objectius d'aprenentatge. Aquestes activitats són els *problemes* i el *projecte d'aplicació*.

3.1.2.1 Problemes per desenvolupar competències i aprendre continguts

Plantejar la matèria com una assignatura de disseny implica cercar problemes del món real tant com sigui possible per donar el tomb als plantejaments tradicionals farcits d'exercicis purament acadèmics per resoldre després d'unes lliçons explicatives. L'ús intensiu de simuladors i el nou paper que s'ha donat a les aules i laboratoris ens ho han permès. La disponibilitat de laboratoris virtuals fa molt més assequible el plantejament de problemes a resoldre amb tècniques PBL. L'ús d'eines TIC per a la comunicació oral i escrita en la documentació i presentació de treballs permet donar un caire encara més verídica a la solució aportada al problema.

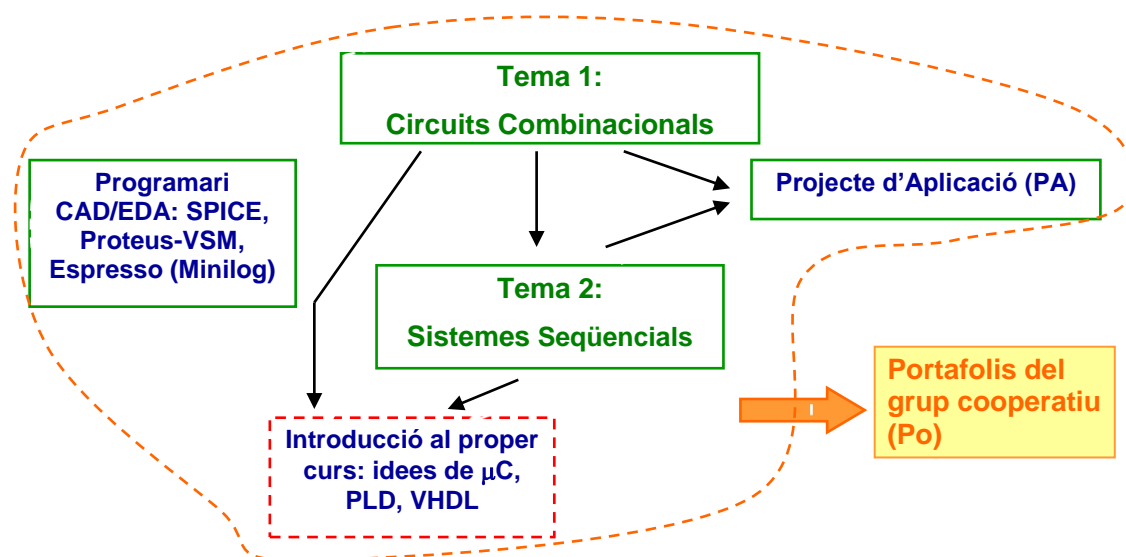


Fig. 33. Exemple de l'estructura de l'assignatura ED en què s'aprecien, a més dels continguts tècnics clàssics, les altres activitats que permetran treballar competències genèriques.

Tradicionalment els exercicis proposats eren com els que es mostren a la Fig. 34. Si es tractava d'ensenyar a minimitzar funcions lògiques, s'escribia la fórmula directament i es demanava una determinada implementació. Si es pretenia implementar un sistema seqüencial, se'ls dibuixava el diagrama d'estats i a partir d'aquest es deduïa el muntatge. És a dir, no s'indicava d'on procedien les expressions lògiques o a què o a quina màquina exactament corresponien els estats, no calia perdre temps contextualitzant. S'aprenia la matèria repetint exercicis i procediments rutinaris que conduïen a una única resposta [129].

Design a circuit using NOR after representing on Karnaugh maps and minimising the functions described by the following expressions:

$$a. \quad G(x, y, z) = \prod M(1, 3, 4, 7, 10, 13, 14, 15)$$

$$b. \quad K(x, y, z) = \sum m(0, 4, 5, 9, 11, 14, 15) + \sum dc(2, 8)$$

Obtain a canonical sequential system using flip-flops T for the state diagram shown in Figure 3.

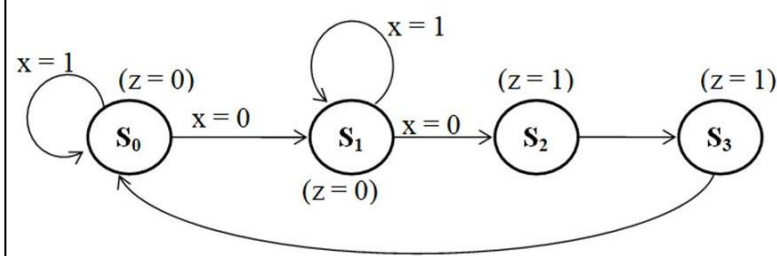


Fig. 34. Exemples d'exercicis típics de tipus rutina o procediment únic.

El repte és transformar i ampliar aquesta mena d'exercicis tradicionals, associats a l'ensenyament deductiu, seguint per exemple les indicacions que ens dóna Biggs [11] sobre quina mena de característiques han de tenir els nous problemes per aprendre exactament a l'inrevés, inductivament, és a dir, per passar d'una aplicació concreta a la teoria que hi ha al darrere:

- Els estudiants han de resoldre problemes del món real, dissenyats de forma equilibrada entre les possibles solucions obertes i l'anàlisi rigorós tradicional.
- Els problemes han de permetre assolir els objectius d'aprenentatge.
- Els problemes han de permetre cercar i analitzar la teoria que hi ha al darrere per poder-la explicar usant per exemple mapes conceptuals [130].
- Els problemes s'han de desenvolupar seguint un mètode sistemàtic, si pot ser, sempre el mateix. A més, han de ser plantejar-se de forma que siguin més tutoritzats cap al començament i més orientats a l'autoaprenentatge cap al final.
- S'han de preparar per a ser resolts a través de grups cooperatius.
- La solució presentada ha d'incloure la signatura dels membres del grup i una declaració que indiqui que han contribuït per igual a la realització de l'exercici.
- S'ha d'incloure el reconeixement de les persones que han ajudat el grup.
- L'exercici ha d'incloure la distribució de tasques entre els membres del grup, la reflexió sobre com ha anat i l'opinió que els mereix la feina.
- Ha d'incloure la llista de qüestions o dubtes que encara estan per resoldre.

Reescriure els problemes seguint aquestes indicacions permet transformar l'assignatura en pocs quadrimestres en una matèria eminentment pràctica, orientada al problema, on es desenvolupen competències professionals. Es pretén facilitar l'aprenentatge significatiu i que perduri tota la vida, que recordi les experiències viscudes i els mètodes emprats a l'assignatura, que mantingui la motivació. L'estudiant d'enginyeria sempre ha comentat que gran part del que se li ensenya és massa teòric, que fins i tot després de diversos cursos li costa trobar aplicacions pràctiques del què se li ha ensenyat. Està avesat a estudiar per assolir l'aprobat, de manera amb una pinzellada superficial sobre els conceptes ja en té prou i ho pot oblidar poques setmanes després. Per això aquest canvi d'orientació, aquest aprendre fent coses o *learning by doing* és tant radical.

Amb aquesta nova perspectiva, i esperant assolir el nou conjunt d'objectius, cal analitzar i reconsiderar amb atenció què és realment el que els proposem que aprenguin i què ha de quedar com una referència per a estudis posteriors, en cas que vulguin aprofundir en la matèria. Hem de replantejar què i com es treballarà durant les 60 hores de classe presencial i les altres tantes fora de l'aula, hem d'ampliar, reconvertir i reescriure els problemes perquè siguin tan pràctics com sigui possible i s'hagin de resoldre en grup seguint uns criteris de qualitat ambiciosos. Les conseqüències són múltiples: des de transformar paulatinament els apunts tradicionals en unitats didàctiques organitzades en mapes conceptuals [130] fins a organitzar l'assignatura com si fos una petita empresa amb el seu propi *know-how*.

Disposar de programari de simulació, ordinadors portàtils i altres mitjans tècnics ha facilitat molt aquest plantejament. En el nostre cas hem escollit l'entorn d'anàlisi i

simulació de circuits electrònics Proteus ISIS de Labcenter Electronics¹⁹, una empresa del Regne Unit, que està basat en SPICE. La raó és que aquest laboratori virtual integra en una sola plataforma el disseny de circuits analògics, digitals, mixtos i els basats en microcontroladors. Es tracta d'un programari que ja s'usa en diverses assignatures i per això s'amortitza el temps d'aprendre la interfície. Des que vam promoure les primeres experiències vam veure que l'ús del disseny assistit per ordinador (CAD, EDA) i Internet havien de ser absolutament obligatoris per a qualsevol matèria de caire tecnològic com la nostra; els estudiants s'han de mantenir al dia pel que fa als avenços tecnològics i les eines de disseny associades a l'àrea i hem de plantejar els continguts usant-los al màxim. Un estudiant d'enginyeria que s'ha graduat usant durant la carrera eines i procediments tècnics i científics actualitzats per resoldre les tasques assignades serà un bon professional, amb capacitat per innovar, i si és dona el cas també afrontarà estudis avançats amb millors garanties. Podem dir que la necessitat de posar l'estudiant al centre del procés determina les decisions en relació a les eines, per molta feina que comportin de cara a la preparació i programació d'activitats.

Per als professors representa força feina idear, plantejar, dirigir i executar problemes que hagin d'acabar funcionant en un simulador, o bé en una targeta de circuit imprès. Problemes complexos, amb solucions obertes, que estiguin organitzats en blocs interns seguint una arquitectura *top-down*, de manera que per exemple alguns blocs hagin estat estudiats i implementats en unitats anteriors i puguin reaprofitar-se per a un nou disseny. Es pot preveure també que grups cooperatius treballin en paral·lel en l'obtenció de solucions alternatives. Parlar de problemes reals vol dir dissenyar circuits que funcionin, motors que girin, díodes LED que s'il·luminin quan estigui previst, comptadors que mostrin les xifres correctament, memòries que emmagatzemin realment les dades, dispositius programables que sintetitzin el circuit previst, rellotges de temps real que mostrin els segons i els minuts, etc. L'estudiant veu l'assignatura com una successió de circuits en el disseny dels quals participa i observa com acaben funcionant, com si estigués treballant ja en una empresa del sector, produint aplicacions electròniques perfectament instal·lables en qualsevol lloc, com ara termòmetres de carrer, sensors de posició, mesuradors de direcció i velocitat del vent, rellotges de quars, gravadors i reproductors de veu com els dels contestadors automàtics, calculadores senzilles, centrals d'alarma, velocímetres per a bicicleta i un llarg etcètera. Certament, aquesta forma de procedir facilita la construcció de l'estructura mental del coneixement. No hi ha res comparable a veure com estan funcionant els circuits que es tracta de dissenyar per augmentar la motivació i la concentració en l'estudi de la matèria que condueix inexorablement a un aprenentatge més profund i significatiu, tal com l'hem definit a la secció 1.2.2.3.

Vegeu l'exemple de la Fig. 35, en què es presenta l'esquemàtic d'un sistema de control de velocitat i gir d'un motor pas a pas. Aquest esquema s'acompanya d'un exemple comercial, del qual s'han llegit les especificacions, que s'han comparat amb les que es proposen al disseny. Hi ha bateries, interruptors, elements passius, el

¹⁹ <http://www.labcenter.com>

circuit integrat d'excitació del motor i la caixa negra que representa el circuit a dissenyar. El programari permet accedir a l'esquema d'un nivell inferior de jerarquia que hi ha sota del controlador, en què apareixeran altres blocs i elements interconnectats. Alguns dels blocs ja hauran sortit en activitats anteriors i altres caldrà dissenyar-los. Com que hi ha moltes alternatives de dificultat similar, a l'hora de plantejar el controlador es pot organitzar de forma que tota la classe treballi el mateix circuit o que diversos grups intentin circuits diferents per arribar a una comparativa de solucions. Així es generen debat i discussió que enriqueixen. A més a més, el problema es pot tornar a visitar a la mateixa assignatura per cobrir un altre temari. Per exemple, si primer s'ha resolt usant xips clàssics, ara es pot resoldre usant xips programables senzills o memòries, i es pot reprendre el curs següent en una assignatura com SED usant tecnologia més avançada: xips programables més complexos i microcontroladors. Seria possible també coordinar-se amb altres assignatures d'electrònica analògica del mateix curs, com ara el Laboratori d'Electrònica, per procedir al disseny dels sensors de velocitat i posició i arribar a la realització d'un servosistema que segueixi les consignes. Val a dir que aquesta aplicació d'un motor pas a pas pot acabar constituint un subsistema a integrar en un equip més complex per tractar en una futura edició del curs. Fixem-nos com a partir de l'elaboració dels problemes, es va generant tot un saber fer (*know-how*) associat a l'assignatura emulant la forma de treballar d'una empresa.

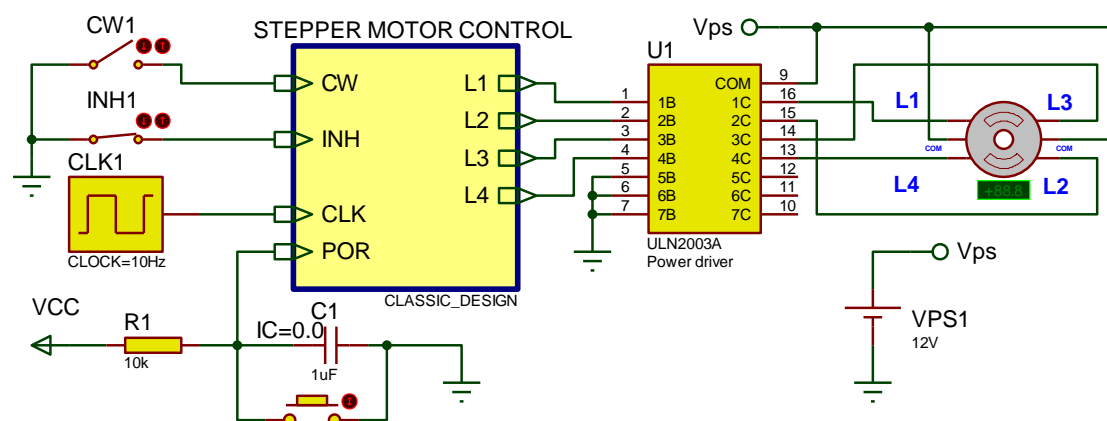


Fig. 35. Exemple de problema: disseny *top-down* del control digital d'un motor pas a pas. Esquemàtic capturat en Proteus-ISIS per realitzar-ne la simulació interactiva.

La idea és que amb la proposta de mitja dotzena de problemes com aquest s'emplena l'assignatura de forma que tota l'activitat acadèmica a l'aula i fora d'ella gira en torn de les possibles solucions.

3.1.2.2 Exemple de criteris de qualitat per a la realització i correcció de problemes

Els grups de treball han de procedir a la resolució guiada dels problemes seguint un patró de qualitat com el que es presenta a la Taula 23. És clar que aquesta llista també és vàlida per avaluar (autoavaluació o avaluació creuada) el treball realitzat (vegeu la secció 2.4.1.3 i els conceptes d'avaluació formativa). Es tractaria d'una rúbrica en la qual s'han definit els criteris a tenir en compte i el seu nivell de qualitat màxim.

CRITERIS DE QUALITAT GENERALS PER RESOLDRE PROBLEMES

1. Plantejament
 - a. L'exercici ha d'estar plantejar correctament i cal explicar com es procedirà a resoldre el treball.
 - b. Si existeixen diversos plantejament possibles, s'ha justificat convenientment l'elecció d'un.
 - c. És obligatori usar diagrames de blocs, esquemes electrònics, figures o altres recursos gràfics per representar què s'ha de dissenyar.
2. Desenvolupament
 - a. El plantejament està desenvolupat pas a pas.
 - b. El desenvolupament és concís i se segueix un mètode.
 - c. S'ha realitzat en primer lloc un desenvolupament algebraic abans d'indicar qualsevol resultat numèric.
 - d. S'ha realitzat una revisió de les expressions algebraiques pas a pas per detectar i corregir errors greus.
 - e. S'ha procurat arribar a l'expressió final a través de diversos mètodes alternatius per verificar que és correcta.
3. Resultats
 - a. Els resultats i les seves unitats estan expressats amb claredat.
 - b. S'usen gràfics, esquemes electrònics, cronogrames, etc., per mostrar els resultats i el funcionament de les aplicacions.
 - c. Els resultats són consistents i no generen contradiccions.
 - d. Totes les magnituds porten apuntades les unitats corresponents i no es presenten resultats molt fora de rang o impensables.
 - e. Els resultats són correctes.
 - f. S'han inclòs procediments (vectors de test) que facilitin l'autocorrecció i la verificació dels resultats.
 - g. S'explica el perquè dels resultats.
4. Simulació
 - a. S'ha realitzat la simulació de l'exercici o be d'una de les seves parts.
 - b. La simulació indica clarament que el resultat del problema és el correcte (conté prou vectors de test per demostrar que és correcte).
 - c. S'han simulat circuits alternatius que donen lloc al mateix resultat.
 - d. S'ha explicat el perquè de cadascuna de les gràfiques i resultats obtinguts de la simulació.
 - e. Es presenta (voluntàriament) un prototip del muntatge en circuit imprès que demostra el funcionament real de l'exercici.
5. Presentació
 - a. La presentació és neta, redactada amb bolígraf blau o negre (el vermell es reserva per a la correcció).
 - b. No es permeten faltes ortogràfiques ni gramaticals (heu de fer una segona lectura del treball entre els membres del grup abans de presentar-lo).
 - c. L'exercici es llegeix fàcilment i s'hi usa un llenguatge tècnic adequat.
 - d. Les figures, fotografies i gràfics tenen un peu de figura que explica correctament el perquè de la seva inserció en l'exercici.
 - e. S'ha incorporat informació de referència (bibliogràfica o d'Internet) a la introducció o al desenvolupament del treball.

Els exercicis, problemes i controls individuals es podran fer sempre usant notes de classe, llibres, apunts, ordinador portàtil, calculadora, etc.

Totes les activitats de l'assignatura (exercicis de grup, controls individuals) es corregiran atenent aquests criteris, el seguiment dels quals atorgarà la màxima qualificació.

NOTES: Lliurar un exercici, control o treball copiat de qualsevol font (un altre grup cooperatiu, estudiant o una altra referència bibliogràfica o d'Internet), sense indicar-ne la procedència ni el perquè d'haver-ho fet, representa una falta greu que pot tenir conseqüències acadèmiques serioses per als estudiants implicats.

Es recomana no usar processador de textos per realitzar exercicis d'ED (exceptuant la impressió d'esquemes i gràfiques de simulació). Teniu moltes assignatures en què ja practicareu amb l'ordinador per presentar treballs. Val més que dediqueu el temps a resoldre correctament l'exercici segons aquestes indicacions.

Taula 23. Exemple de criteris que qualitat per a l'elaboració i correcció de problemes: a quin nivell desitgem que treballin els estudiants.

Els problemes, una vegada resolts i verificats fins que funcionin cal documentar-los convenientment, aportant dades i elements obtinguts a través d'una recerca bibliogràfica o per internet. Es pretén que, a més d'ensenyar a seguir una metodologia científica i tècnica per a la resolució, qualsevol treball comenci per una recerca de l'estat de la qüestió i la visualització de productes comercials de característiques semblants als que aprendran a crear durant el curs. És a dir, es desenvolupa una aplicació pràctica per anar induint com organitzar el coneixement i les habilitats per al disseny de sistemes digitals. A la web de l'assignatura [128] s'hi mostren altres exemples de problemes com el de la Fig. 35. Imaginem que proposem als nostres alumnes dissenyar un muntacàrregues com el que s'anuncia a una pàgina web²⁰ de productes comercials (Fig. 36). Per fer-ho, se'ls anima a cercar informació sobre el tipus d'especificacions que hauria de tenir el projecte i com hauria de ser enginyat el diagrama de blocs inicial per començar el *top-down* en què tota la classe podria treballar de forma cooperativa.

A partir d'aquestes aplicacions pràctiques neix gran part de l'assignatura i cada semestre, en dependre de les aplicacions concretes que es proposen, adopta una direcció diferent. Com una empresa, l'assignatura s'orienta cap als productes que dissenya o fabrica, i així contrasta amb la uniformitat d'assignatura impartida de forma tradicional.



²⁰ <http://www.summitdumbwaiters.com/>

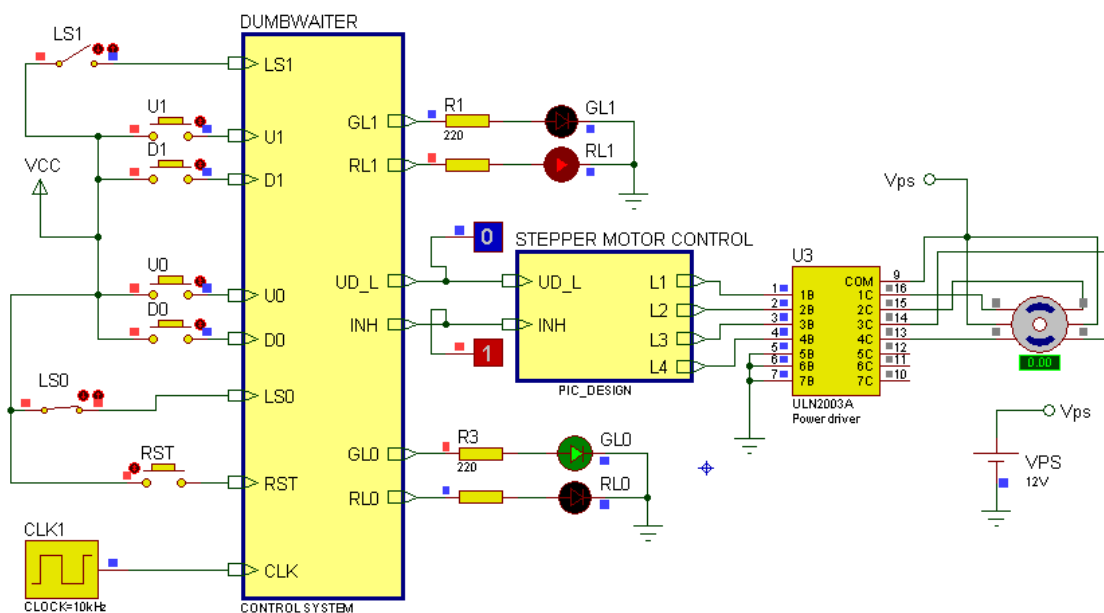


Fig. 36. Esquema en blocs d'un petit muntacàrregues d'un domicili particular (*dumbwaiter*) amb fotografies del muntatge real adossat a una de les parets de la cuina. Problema proposat²¹ (EX6, ED 06-07 Q2²²).

3.1.2.3 El projecte d'aplicació

El projecte d'aplicació o “aplicació real globalitzadora” es presenta com una activitat amb uns objectius més ambiciosos que els de les altres realitzades durant el curs. Es planteja com el marc en què s'han d'integrar una bona part dels coneixements adquirits junt amb competències com ara l'aprenentatge autònom i la competència oral en el sentit que a la documentació que els estudiants han de preparar s'hi ha d'afegir la presentació del treball amb transparències a la resta de la classe. Generalment, tot i que ha variat la forma d'organitzar-lo en diversos quadrimestres, el disseny a realitzar serà suficientment complex per assegurar la intervenció de diversos grups cooperatius, de forma que cadascun d'ells es responsabilitzi d'algun subsistema i s'entengui que al final un projecte complex requereix la participació de grups de treball que es coordinen per anar assolint fites enfocades a la consecució de l'èxit final del prototip.

Tal com passa amb els problemes, qualsevol aplicació pràctica serveix de base per desenvolupar el projecte: una calculadora senzilla, un transmissor – receptor per al port sèrie d'un ordinador, el control d'un petit ascensor o muntacàrregues, un cronòmetre o rellotge digitals, un generador de senyals digitals, un pas a nivell de ferrocarril o un creuament de carreteres controlat per semàfors, etc.

²¹ http://digsys.upc.es/sed/ED/grups_classe/06-07-q2/1BT5/EX/ED_Curs_06_07_Q2_1BT5_EX6.pdf

²² http://digsys.upc.es/sed/ED/grups_classe/06-07-q2/1BT5/06-07-Q2-1BT5.htm

En tractar-se d'aplicacions pràctiques amb solucions obertes i potser laborioses, és possible organitzar la feina de forma que el pla de treball ocupi les últimes setmanes del curs. O també es pot organitzar des del començament del curs, fent que els exercicis i controls convencionals tractin sobre el disseny dels mòduls o subsistemes que acabaran assemblats al final en el projecte d'aplicació. D'aquesta forma es guanyaria temps i s'assoliria un PBL més autèntic, ja que tindríem una assignatura amb l'objectiu de fabricar un producte i tots els enginyers de l'empresa treballant-hi. Durant el curs es poden programar classes especialment dedicades a l'organització del projecte per discutir en quina fase d'execució es troba i què està ja dissenyat i què queda per fer. El professor estaria al càrrec del projecte, actuaria com l'enginyer en cap, i assistiria els estudiants en la resolució de dubtes que anirien apareixent en el plantejament *top-down* i en la seva estructuració modular.

No es tracta que els estudiants tinguin un coneixement complet i experiència en dissenys similars abans d'abordar el projecte, com passa per exemple amb el treball de fi de carrera, sinó que vagin adquirint els coneixements i les habilitats a mesura que van resolent els problemes. Per això, tal com s'ha dit, quan el docent va guanyant experiència a treballar segons aquesta metodologia va preparant els problemes convencionals perquè siguin d'aplicació directa al projecte. En aquest sentit s'aprofiten les altres activitats i sessions del curs per tractar el projecte i explicar molts detalls generals als quals no es presta atenció quan s'està immers en el disseny d'un mòdul concret. En les primeres experiències realitzades els projectes no eren tan ambiciosos, es tractava més aviat d'exercici més que calia resoldre i explicar oralment en públic, però a poc a poc han esdevingut les aplicacions a partir de les quals es vehicula gran part dels continguts i competències.

La Fig. 37 mostra l'aplicació d'un pany codificat en què la porta o el motor s'acciona si s'encerten els quadre símbols hexadecimals introduïts amb un teclat de 16 tecles. D'entrada l'aplicació és molt habitual i això permet que l'estudiant la identifiqui i de seguida trobi exemples de circuits semblant a la seva vida quotidiana, des del porter automàtic d'un bloc de pisos al comandament a distància del cotxe, l'accés al compte bancari, el desbloqueig de l'ordinador o el telèfon mòbil que ha estat una estona sense activitat. Es tracta de pensar en una aplicació que els motivi a estudiar-ne el disseny i que resulti prou complexa com perquè tingui feina tota la classe, com si d'un departament de disseny d'una empresa es tractés.

Es pretén dissenyar la caixa negra o "teclat codificat", el sistema de control que acciona el motor de la porta quan s'endevinen els quatre dígit de la clau secreta. A partir del diagrama de blocs inicial cada grup cooperatiu pot tenir la tasca assignada de dissenyar una solució tecnològica diferent, tenint en compte que certs mòduls ja s'hauran analitzat amb antelació en alguns dels problemes i ja funcionaran.

La Fig. 38 mostra l'estructura interna del bloc de control, en què s'aprecien diversos blocs combinacionals i seqüencials que a la vegada contindran altres circuits interns

tal com pertoca a una estructura jeràrquica per capes. D'aquesta forma els estudiants han de fer-se càrrec a mesura que resolen el projecte de les distintes problemàtiques que representa fer avançar un projecte complex en grup, i la necessitat d'homologar noms, cables, entrades i sortides i procediments, esquemes, etc., ja que en tractar-se d'un sol projecte, el protocol de disseny, el *know-how*, haurà de ser semblant entre els grups que treballen autònomament.

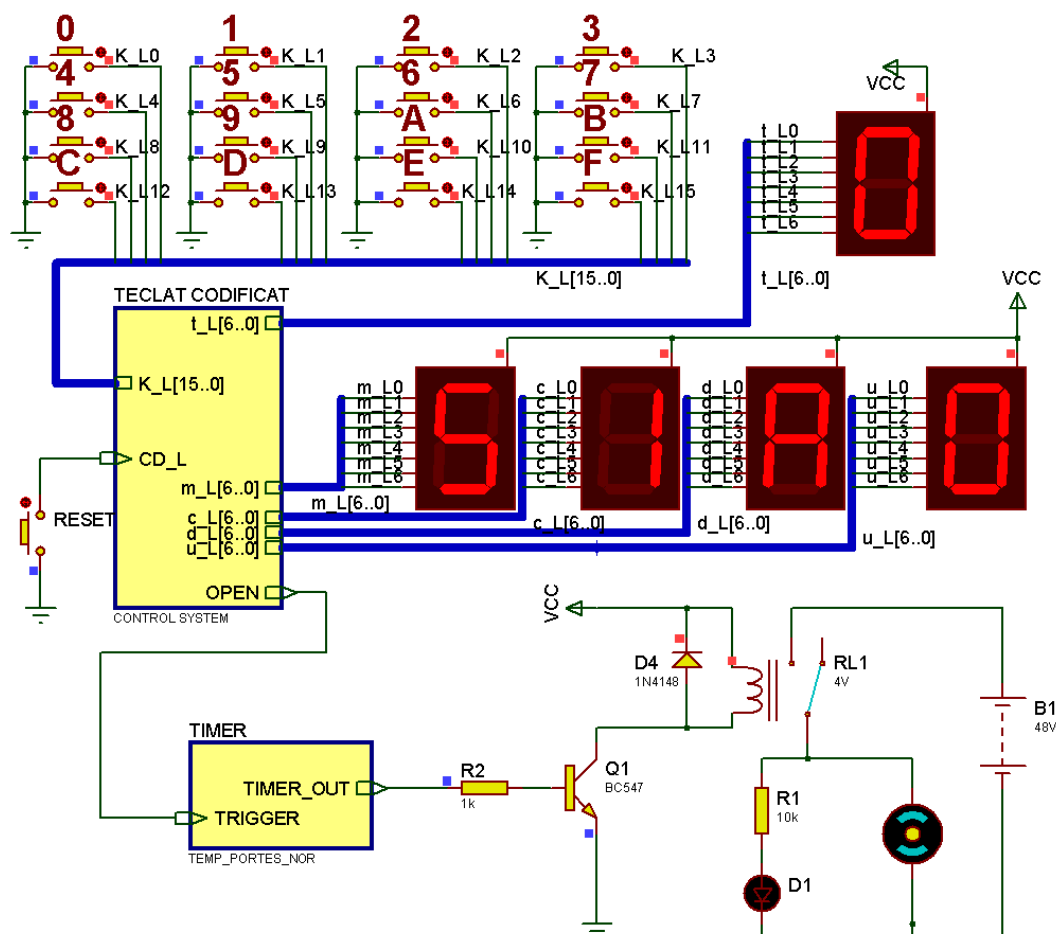


Fig. 37. Un teclat codificat per obrir una porta o activar un motor. Exemple de problema "real" d'ED proposat per resoldre a mesura que avança el curs.

Al final, els grups cooperatius demostren que el seu disseny o mòdul, que s'integra en un projecte comú, funciona executant una simulació a través del laboratori virtual Proteus ISIS. Com hem explicat, és senzill proposar variacions tècniques i ampliacions per usar el mateix projecte en altres cursos d'ED o fins i tot en assignatures posteriors, per exemple a SED, on la solució tècnica ve de la mà dels xips programables PLD i microcontroladors. La mateixa arquitectura *top-down* per al pany codificat, en lloc de dissenyar-se a través de xips convencionals com s'ha fet a ED, es pot dissenyar usant el llenguatge VHDL per sintetitzar-la en un xip programable PLD o FPGA. O bé, com a segona opció, traduir l'arquitectura i funcionalitat del sistema a codi C per tal de poder-lo implementar en un microcontrolador. Aquesta versatilitat de les aplicacions pràctiques és molt adequada per donar a conèixer als estudiants, a

mesura que assimilen la matèria, les distintes solucions tecnològiques, des de les més senzilles i obsoletes fins a les més avançades.

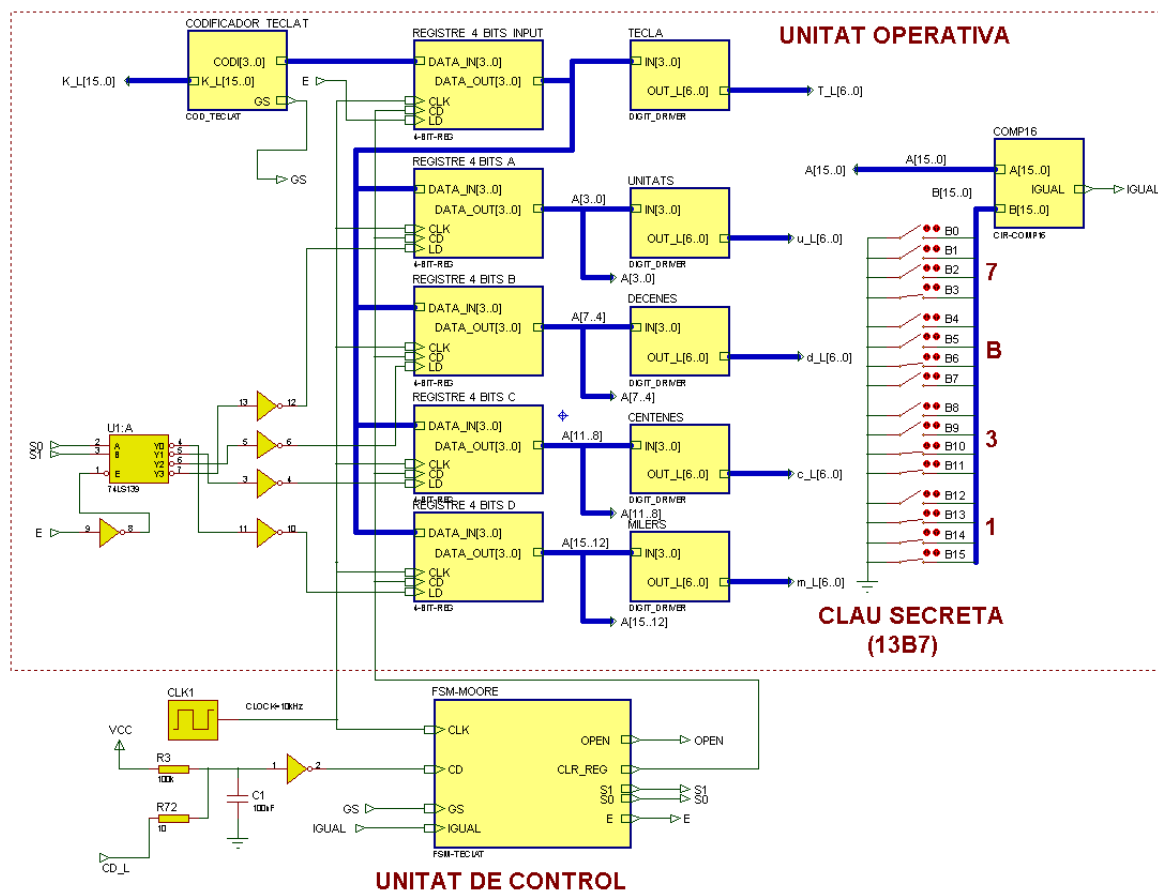


Fig. 38. Estructura interna del sistema de control del pany electrònic organitzada com un processador dedicat amb una unitat de control i una unitat operativa.

La Fig. 39 tenim una presentació oral de l'assignatura, generalment a l'última sessió lectiva del curs. I a la Taula 24, una rúbrica en anglès per corregir a l'aula i entre companys les presentacions realitzades pels grups cooperatius. Els estudiants, en disposar dels criteris d'avaluació especificats a les rúbriques, a vegades són fins i tot més rigorosos que el mateix professor a l'hora de qualificar els companys. Pel que fa a competències genèriques, hem trobat que el valor formatiu d'aquestes proves d'avaluació és innegable.

Així doncs, el projecte d'aplicació constitueix una bona evidència de treball autònom, de desenvolupament de la comunicació oral i escrita, de treball en equip i per projectes. Es tracta d'una activitat ideal per ser inclosa a la carpeta de competències de l'EETAC, una experiència de portafolis de competències que es presenta a la secció 3.4.4. Trobareu més aplicacions en aquesta referència²³.

L'activitat del projecte d'aplicació s'ha emprat també amb èxit a les altres assignatures a les quals s'han fet experiències i s'ha inclòs també a la nova

²³ http://digsys.upc.es/sed//ED/projectes_aplicacio/EDproject.html

assignatura CSD de l'àrea de tecnologia electrònica (vegeu la descripció inicial de l'experiència en aquest enllaç²⁴).

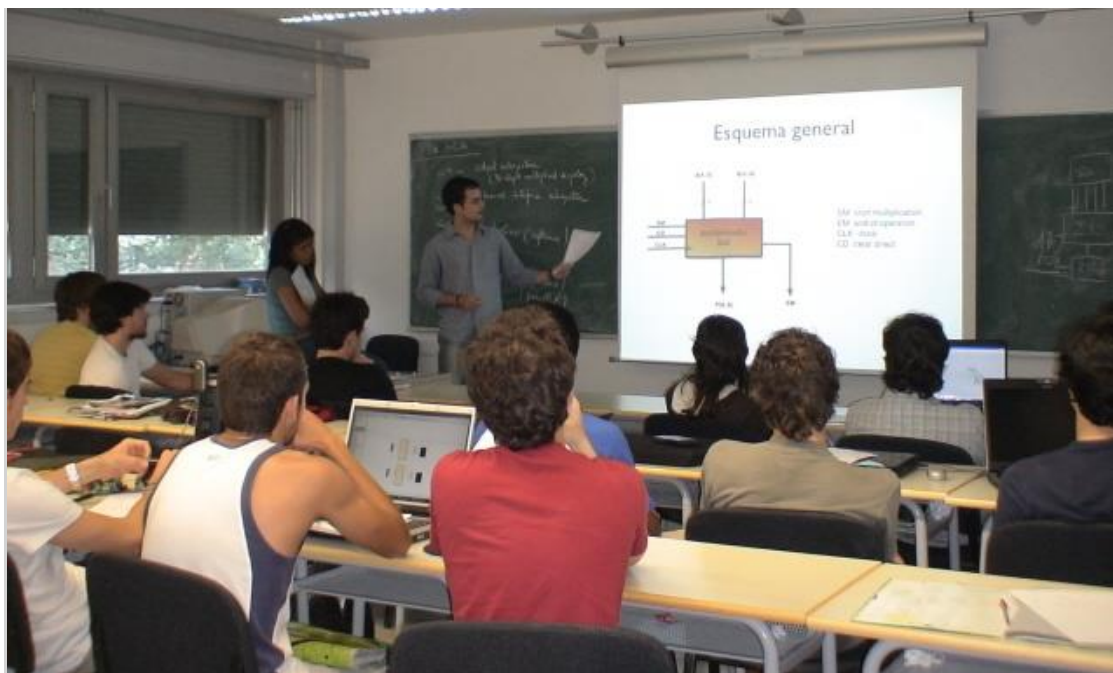


Fig. 39. Presentació oral del projecte realitzada per un grup cooperatiu a l'aula davant dels companys de curs.

Rubric for the oral presentation of the application projects (to be used and considered while the group is doing their oral presentation)			
Criteria	Proficient	Apprentice	Novice
Content (3)	Good material that clearly related ideas; supports and explores the project development and conclusions.	Sufficient material; some good points, but not entirely balanced. Some ideas which are not clearly explored.	Ideas are not clear; do not provide support or do not seem to be connected.
Group presentation (2)	All group members participate equally, help each other as needed, and speak clearly.	Some group members participate, or some of them are difficult to understand	Only 1 group member participate or they are hard to understand. It can be clearly inferred that the group has not prepared or organised the presentation beforehand.
Delivery (3)	Quick recovery from minor mistakes. Appropriately dressed (casual wear). Builds trust and holds attention. Fairly consistent use of direct eye contact with the entire audience. Enthusiasm and confidence. They seem to have rehearsed and coordinated the presentation beforehand.	Some tension or apparent indifference, and possible inappropriate dress for purpose or audience. Occasional but unsustained eye contact with the audience. Uneven volume with little or no inflection.	Nervous tension obvious and/or inappropriately dressed for purpose or audience (too casual). No effort to make eye contact with the audience or looking constantly to the projector or computer. Low volume and/or monotonous tone cause audience to disengage. They are unprepared or have not practised previously.
Length of Presentation (2)	Within +/- 2 minutes of allotted time	Within +/- 6 minutes of allotted time	Far too long or too short

²⁴ http://digsys.upc.es/ed/CSD/ap/2009_11_perspectives_PA_grup_GRAPAU.pdf

Rubric for the oral presentation of the application projects		
Group	Comments about the presentation (Content, Group presentation, Delivery, Length of Presentation)	Suggested mark
G1		
G2		
G3		
G4		
G5		
G6		
G7		

Assessing Group:

Taula 24. Exemple de rúbrica per realitzar una avaluació de les presentacions orals dels projectes d'aplicació

3.1.3 Metodologia activa: L'aprenentatge cooperatiu

3.1.3.1 El format de les sessions de treball

Les classes de 40 estudiants de l'assignatura s'organitzen des del primer dia en grups cooperatius base de 3 estudiants cadascun que romanen junts durant tot el període lectiu amb independència que en algunes sessions lectives es puguin organitzar grups informals per realitzar alguna activitat. El procediment seguit per realitzar els grups depèn del professor però en general segons la literatura analitzada a la secció 2.3, és convenient generar aleatòriament grups tan heterogenis com sigui possible si es pretén que tota la classe participi i es generi un ambient semblant al d'una empresa en què el nou contractat haurà de treballar amb companys que probablement no ha vist mai abans. És convenient que no es coneixin, que hi hagi per exemple estudiants procedents de cicles formatius formant grup amb altres de batxillerat o amb repetidors que ja tenen algunes nocions de la matèria. També convé que els grups siguin mixtos, i en tot cas, que no els formin parelles afectives [77]. El sistema que més s'ha assajat a l'ED, tot i que no és completament aleatori, consisteix en fer-los formar grups de 3 just en arribar a l'aula el primer dia de classe. La gran majoria no es coneixen encara perquè han estat segurament treballant en grups diferents en les assignatures del primer quadrimestre. Els que ja es coneixen, segons quina hagi estat la seva experiència prèvia, tenen l'oportunitat de continuar treballant conjuntament o bé de decidir provar sort amb altres estudiants amb els quals encara no han treballat.

El primer dia, a més de presentar-se, la condició imprescindible perquè el grup desenvolupi adequadament la seva activitat és que després de contrastar les agendes d'estudi personals sigui possible que trobin forats horaris en què puguin realitzar les sessions de treball cooperatiu fora de l'hora lectiva. De manera que si no tenen forma de consensuar una agenda de grup, cal que realment es plantegin la formació d'aquest amb altres estudiants; si no es poden veure per treballar fora de l'aula, difícilment faran les tasques programades. La nostra experiència ens indica que al voltant d'un 20 – 25% dels grups formats inicialment acabaran no funcionant correctament, generaran conflictes moltes vegades deguts a la manca d'una agenda que els permeti treballar fora de l'aula i durant el curs caldrà reorganitzar-los. En assignatures més avançades, com SED (vegeu la secció 3.4.2), en què la majoria ja es coneixen i han format equips prèviament els grups cooperatius base són més sòlids. Lògicament es pot pensar també que han après fins a cert nivell la competència del treball en equip (secció 2.3.1), i que a aquestes alçades ja saben resoldre conflictes interns i assumir la responsabilitat individual que els pertoca (vegeu la rúbrica de la Taula 14).

Un altre punt important és que des d'un bon començament cal prendre nota de l'horari d'atenció del professor. A l'aula no se solucionen els problemes, ni tan sols s'expliquen tots els materials i conceptes bàsics per resoldre els treballs proposats, de manera que es pretén que el grup de treball, una vegada arribat a un punt en què no pot continuar, ni tan sols amb el suport d'altres grups, passi ràpidament a consultar amb el professor durant l'horari d'atenció. El professor adopta durant tot el curs el paper d'assessor, coordinador i revisor d'activitats. És molt important remarcar aquest punt perquè sorprèn molt els estudiants que s'hi troben per primera vegada. Ells esperen una actitud i unes tècniques receptives tradicionals, en les quals el professor seria l'encarregat d'explicar tot el coneixement mentre ells simplement prenen notes.

Com que les sessions de treball es preparen en funció dels estudiants i de com van aprenent, cada any pot haver-hi variacions en l'organització. Per exemple, si es detecta que la majoria dels estudiants estan implicats en l'estudi assistint a classe, però en canvi el seu rendiment encara no és el que els permet assolir els mínims, serà necessari organitzar alguna classe extra de suport per resoldre dubtes i permetre'ls avançar, o pactar amb ells nous objectius no tan ambiciosos. La naturalesa oberta dels problemes proposats també predisposa a aquestes situacions, perquè un any poden ser més complicats de resoldre del que estava pensat en un primer moment.

Tal com es mostra a la Fig. 40 i la Fig. 41a, és molt convenient que disposem a l'aula de taules mòbils perquè cadascun dels grups pugui instal·lar-se còmodament per interactuar cara a cara. Així el professor tindrà facilitat per arribar a qualsevol grup, resoldre'n els dubtes i monitoritzar-ne el treball.

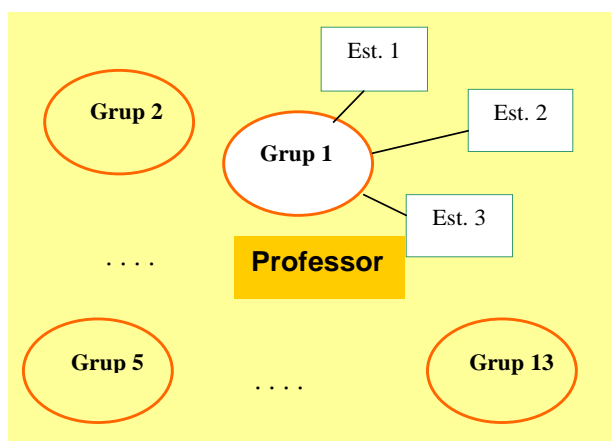
Després d'uns cursos en què hem anat aprenent la nova mecànica (vegeu l'exemple d'introducció de l'ED a la secció 3.3) i es mantenen alhora algunes classes en format tradicional, a mesura que s'ha anat generant material específic per a l'aprenentatge cooperatiu (vegeu alguns exemples de nous materials per a l'AC a la secció 3.1.3.3), la

majoria de les sessions de dues hores amb presència del professor, tant a l'aula com al laboratori, tendeixen a tenir aquest format (Fig. 41b):

- Dubtes i qüestions relatives al treball anterior.
- Estudi i plantejament del problema a resoldre a través del grup de treball.
- Dubtes generals que han sortit a mitja sessió.
- Continuació del treball en grup cooperatiu.
- Conclusions, reflexió i indicacions per al treball fora de l'aula i per a la propera sessió lectiva.



Fig. 40. Fotografia que reflecteix la forma de treballar a l'aula en una sessió de classe cooperativa.



a)

15 min. Presentació de la classe, dubtes de les classes anteriors, revisió del treball proposat per a fora de l'aula (TGC).

35 min. Treball en grup per repassar conceptes teòrics i preparar el plantejament del problema.

15 min. Explicacions i aclariment de dubtes generals .

40 min. Treball en grup per desenvolupar els exercicis.

15 min. Conclusions i programació del treball fora de l'aula (TGC), reflexió sobre què i com es va aprenent .

b)

Fig. 41. a) Quadre que representa el rol del professor com a orientador del treball realitzat en cooperació pels estudiants de cada grup. b) Format habitual de les classes presencials on els estudiants dediquen la majoria del temps a resoldre els exercicis plantejats.

És obligatori insistir que el treball fora de l'aula és fonamental, sobretot en les fases d'execució del problema en què intervenen eines EDA per produir circuits i generar resultats per ser discutits en les properes sessions presencials. Així mateix, el treball fora de l'aula inclou la documentació dels problemes i l'actualització dels portafolis de grup.

L'actitud que prenen els estudiants davant d'aquest format de classe, i més quan veuen que és treballarà així contínuament, en grup i amb el professor interessant-se pel treball assolit, és determinant. Es tracta de fer-los entrar tan aviat com sigui possible en la mecànica del sistema, o bé que des dels primers dies de classe reflexionin sobre quina és la seva postura: afegir-se a la tònica general de la classe o abandonar per matricular-se un altre any en què es disposi del temps d'estudi establert.

Els problemes proposats han de ser prou complexos perquè es pugui estructurar la participació activa de tots els membres del grup. No n'hi ha prou que un sol estudiant faci tota la feina i la signi amb la participació testimonial de la resta de membres del grup. Fixem-nos en les indicacions sobre la forma d'organitzar el treball que se'ls subministren en començar el curs²⁵:

- Mètode A: Mètode de repartiment de tasques (el que NO heu d'usar)

Com mostra la Fig. 42 en aquest cas cadascú fa un subapartat i al final s'estructura la feina per presentar la solució. Al començament de curs els estudiants tenen tendència a realitzar aquesta distribució de tasques per estalviar-se feina i presentar la solució. Es podria dir que aquest és el procediment que seguiria un equip d'enginyers en una empresa. Permet especialitzar cada enginyer en una part de la feina amb eficàcia i permet reduir enormement el temps d'execució del projecte o problema i abordar de forma estructurada i eficient projectes de grans dimensions. Ara bé, tots aquests aspectes són encara difícils d'aplicar per a estudiants de primer curs universitari. Pot ser que estudiants de cursos més avançats, més entrenats en treball en equip, siguin capaços de treballar problemes amb aquesta tècnica i preparar una solució conjunta perfectament defensable per qualsevol dels membres del grup. Però aquest, segons la nostra experiència, no és el cas dels estudiants de primer curs, i des d'un començament, per raons òbvies, se'ls prohibeix treballar d'aquesta forma perquè generalment no realitzen l'explicació mútua dels subapartats i no van més enllà de la secció que els ha tocat aprendre. Els estudiants acabarien assimilant només un terç de la matèria i repetint curs. De fet, els que tenen problemes per organitzar un bon equip de treball solen presentar solucions d'aquesta mena. Es tracta de comportaments fàcilment detectables des de les primeres sessions i controls.

²⁵ http://digsys.upc.es/sed//ED/problemes/metode_resolucio_cooperativa_recomanat.pdf

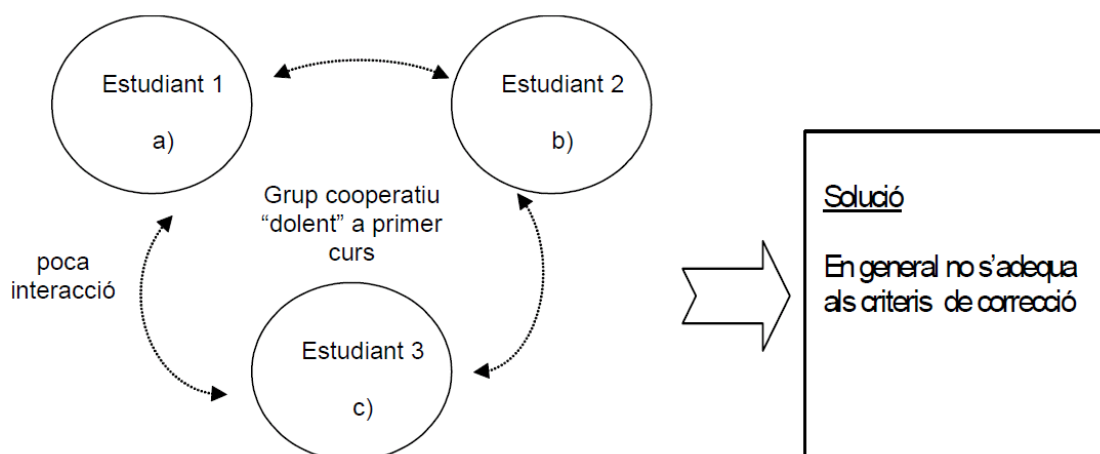


Fig. 42. Mètode cooperatiu per repartiment de tasques, no aconsellable a estudiants de primer curs universitari.

- Mètode B: Resolució conjunta (aquest és el mètode a seguir)

Com mostra la Fig. 43, entre tots els estudiants del grup-base elaboren tots els subapartats i redacten una solució. Aquest és el procediment recomanat de treball per moltes sessions de treball en grup a l'aula i també per les sessions de treball en grup fora de l'horari lectiu. Els estudiants aprenen i participen de tots els apartats, beneficiant-se de la interacció cara a cara amb el grup i l'ajut mutu en el moment de resoldre l'exercici. La dissolució de la responsabilitat individual és la dificultat més gran que presenta aquest sistema, però la duració d'un curs acadèmic és suficient perquè la majoria d'estudiants aprengui a participar correctament en el grup. A més, l'avaluació per controls individuals de mínims desencoratja qualsevol que vulgui adoptar una actitud no prou responsable. Treballant d'aquesta manera, amb tanta interactivitat, cal vigilar expressament que la solució dels exercicis proposats no superi el temps de dedicació a l'assignatura. Aquests, en ser de resposta oberta, faciliten que si un alumne vol i hi pot dedicar més temps del previst, ho pugui fer, indicant amb la seva signatura la feina extra individual realitzada.

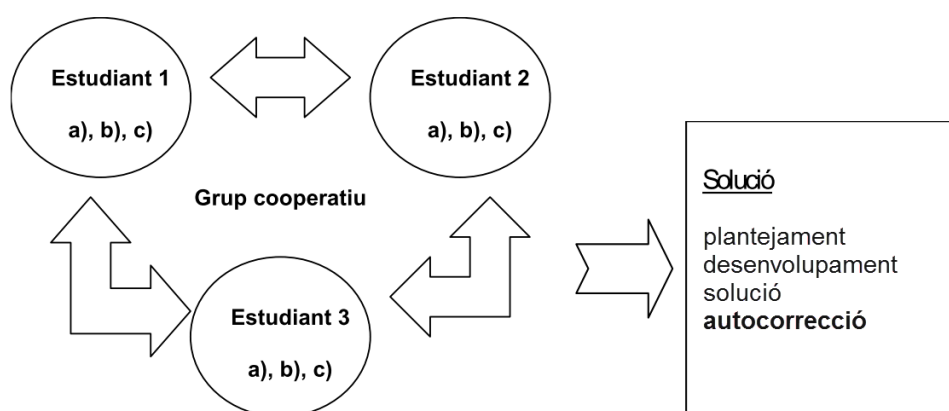


Fig. 43. Mètode de resolució cooperativa d'un exercici amb solució "homologada" segons els criteris de la Taula 23.

En tot cas, amb aquestes indicacions per treballar en equip es pretén remarcar que si un estudiant no fa la seva part ha de comunicar-ho com més aviat millor, per

permetre al grup trobar solucions. Es tracta de reforçar el principi de responsabilitat individual en què se sosté el treball cooperatiu (vegeu la secció 2.3).

3.1.3.2 Pla de treball setmanal

Per organitzar l'activitat acadèmica és necessari preparar un pla de treball setmanal que ocupi el semestre complet sessió a sessió. El curs consta de 60 hores lectives i entre 36 i 60 més de treball fora de l'aula. És a dir, els estudiants han d'invertir entre 96 i 120 hores a l'assignatura durant les 15 setmanes lectives, de què resulten entre 6,5 i 8 hores setmanals de dedicació. El pla de treball de la Fig. 44 reflecteix la programació dels actes docents en forma de sessions de treball. Les classes de teoria han evolucionat cap a la resolució de problemes (vegeu la secció 3.3) i l'aclariment dels dubtes més habituals o els conceptes més difícils d'aprendre entre els grups cooperatius.

Les sessions presencials de 40 estudiants s'anomenen TGA i TGB i són de dues hores cadascuna, pràcticament amb el mateix format (vegeu la Fig. 41b). La trobada setmanal obligatòria d'un mínim d'una hora i mitja fora de l'hora de classes i a càrrec dels mateixos estudiants constitueix la sessió TGC. Finalment, encara que no sigui necessari, és previsible que els alumnes estudiïn individualment un poc de temps (TI) fins a completar la dedicació màxima aconsellada de 8 hores setmanals. D'aquesta forma es garanteix que els estudiants treballin al màxim en cooperació i s'acostumin a fer-ho sempre durant el curs. Recordeu que solament els controls de coneixements mínims (vegeu la secció 3.1.4.2) són individuals, i més que res tenen per objectiu garantir que el treball en grup es realitza amb eficàcia.

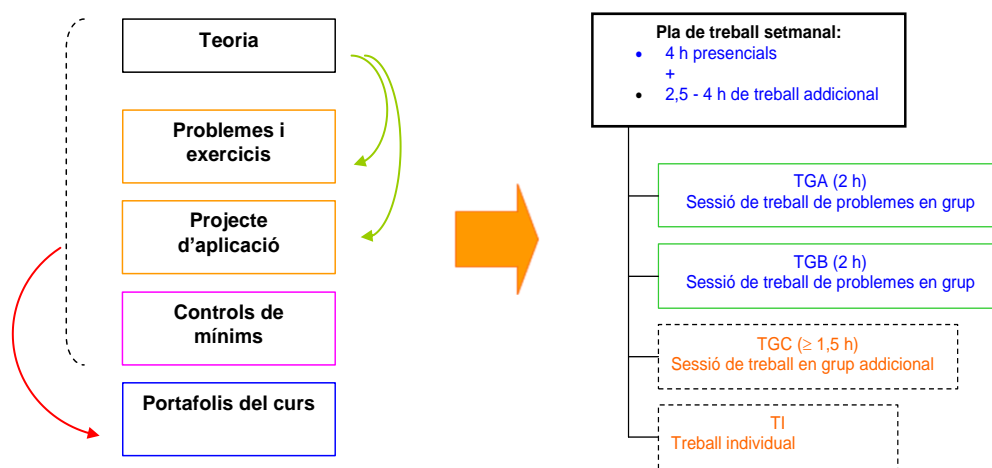


Fig. 44. Activitats acadèmiques i sessions de treball setmanals.

Cal remarcar que aquesta programació setmanal se segueix a totes les classes, independentment del professor assignat. Encara que aquest pot proposar les seves pròpies variacions sobre el mètode, es recomana a tots els docents seguir un pla similar. Cal aclarir sobre aquest aspecte que si un professor arriba a l'assignatura, amb independència de qui sigui i de la seva experiència prèvia en la matèria dels sistemes digitals, encara que vulgui començar pel seu compte en el grup-classe assignat aplicant les seves pròpies idees i experiències docents, ni que sigui seguir el temari, no se li permet fer. Ha de seguir durant uns semestres el mètode establert

proposat a l'assignatura per a tothom, ha d'habituar-s'hi, ha d'aprendre la nova mecànica, que segurament serà molt diferent de la seva experiència impartint classes magistrals amb llibertat de càtedra i avaluació exclusiva de coneixements específics amb exàmens finals. Una vegada superada aquesta fase d'aprenentatge del nou mètode sistemàtic, podem dir que el professor nouvingut ja està en condicions de fer aportacions crítiques, revisions de materials i procediments i col·laboracions de tota mena a l'hora de millorar el curs per al proper quadrimestre, tal com es planteja a la secció 3.1.5 de revisió del procés docent. Les aportacions dels professors nous, el seu *feedback*, una vegada han fet el rodatge, acostumen a ser molt valuoses i oportunes, ajuden per exemple a seleccionar temari, unitats didàctiques i establir temps de dedicació. Fixem-nos que aquest protocol no és pas gaire diferent del que es troba un professional quan s'incorpora a una altra empresa.

A més, el coordinador, per defecte, proposa directament a la secció departamental, i així es duu a terme sempre que sigui possible, que un professor realitzi la docència d'una classe completa, és a dir, que es faci càrrec tant de la sessió TGA com de la TGB del seu grup-classe corresponent. Aquesta forma d'organitzar la matèria permet que el professor segueixi amb detall l'aprenentatge assolit per cada estudiant. En poques setmanes observa per on va cada grup cooperatiu i què sap cada alumne en particular, i com ha de personalitzar l'atenció i l'orientació a cadascú per obtenir-ne el millor rendiment. Hem de recordar que tradicionalment, en general, la distribució de grups i horaris s'ha realitzat atenent a les necessitats o preferències dels professors, i la separació entre classes de problemes, laboratoris i teoria ajudava a mantenir aquests plantejaments centrats en el professor. Fixem-nos doncs, que centrar-nos en què sap l'estudiant provoca canvis substancials també en l'organització dels equips docents. Un únic professor per classe és molt més fàcil que pugui avaluar què sap cada estudiant de competències genèriques i coneixements a una determinada alçada de curs en relació als projectes i problemes que desenvolupa.

Per monitoritzar el funcionament de les sessions de treball en grup TGC que cada grup de treball cooperatiu duu a terme en hores no presencials, els estudiants disposen d'un pla de treball en el qual han d'anotar l'assistència, els objectius, el tipus d'activitat, els resultats i sobretot la durada de cada sessió (vegeu un exemple d'un full setmanal de pla de treball a la Taula 40 del capítol 4). Cal recordar que anotar el temps d'estudi permet als professors reorganitzar els continguts i les activitats per als propers quadrimestres i esdevé per tant una eina que ajuda a la programació del curs. El pla de treball també inclou els continguts tractats, dates de proposta i lliurament d'activitats per a les 17 o 18 setmanes reals que dura un curs acadèmic i se'ls facilita a principi de curs²⁶. És convenient treballar en temps de curs real i no sols considerar les setmanes lectives. Perquè habitualment passa que el grup es reuneix per treballar durant els períodes no lectius, com ara Nadal o setmana santa, en què no hi ha classes i amb el pla de treball en calendari real el grup pot continuar anotant i programant les seves activitats i registrar les hores de dedicació i

²⁶ Vegeu exemples de pla de treball en qualsevol dels cursos d'ED, per exemple el del curs 06-07 Q2 a: http://digsys.upc.es/sed//ED/grups_classe/06-07-q2/1BT5/ED_06-07_Q2_Pla_Treball_1BT5.pdf

el tipus de tasca realitzada. Recordem que els ECTS es refereixen al temps d'estudi de l'alumne, i aquest es pot dur a terme també en setmanes de vacances.

Durant força quadrimestres s'ha elaborat aquest quadre de programació d'activitats detallat per sessions setmanals reals de calendari. Després d'uns quants anys treballant d'aquesta forma, quan ja s'han tingut els exercicis elaborats en format PBL que assegurin l'aprenentatge del contingut, perfectament seleccionats, aquesta programació setmanal ha passat a ser més aviat la planificació dels exercicis, la qual inclou la llista de tòpics de la teoria que necessàriament hi ha rere els problemes. A partir de l'assignatura CSD del nou pla d'estudis, els conceptes teòrics tractats indirectament a cada problema s'han llistat en el mateix enunciat del problema com una llista de tòpics perquè l'estudiant en sigui conscient (vegeu-ne un exemple a la secció 3.4.3). La nostra pràctica i evolució a través del conjunt d'experiències d'innovació ha demostrat que els professors tarden un temps considerable a assumir que el temari es pot assolir perfectament a través de la realització dels exercicis en mode PBL i no solament com sempre, a través de sessions regulars i exàmens tradicionals.

El quadre resum de planificació del quadrimestre ajuda els estudiants a visualitzar el tipus d'activitats que realitzaran durant el curs i la seva durada setmana a setmana. Vegeu la Fig. 45, que indica sobretot quan serà la data de lliurament de cada treball i si se'ls demanarà que realitzin simultàniament en un parell d'exercicis alhora. La planificació setmanal va acompanyada del diàleg sessió a sessió registrat en un parell de pàgines web (vegeu la secció 3.2): la primera conté la descripció de les tasques²⁷ a realitzar, l'altra és l'agenda diària²⁸ amb anotacions de què s'ha fet a l'aula i què s'espera que duguin a terme fora en grups cooperatius. Fixem-nos que una vegada més tot apunta a la preparació de documentació com si l'assignatura fos una empresa que ha de dur a terme uns processos en uns terminis fixats.

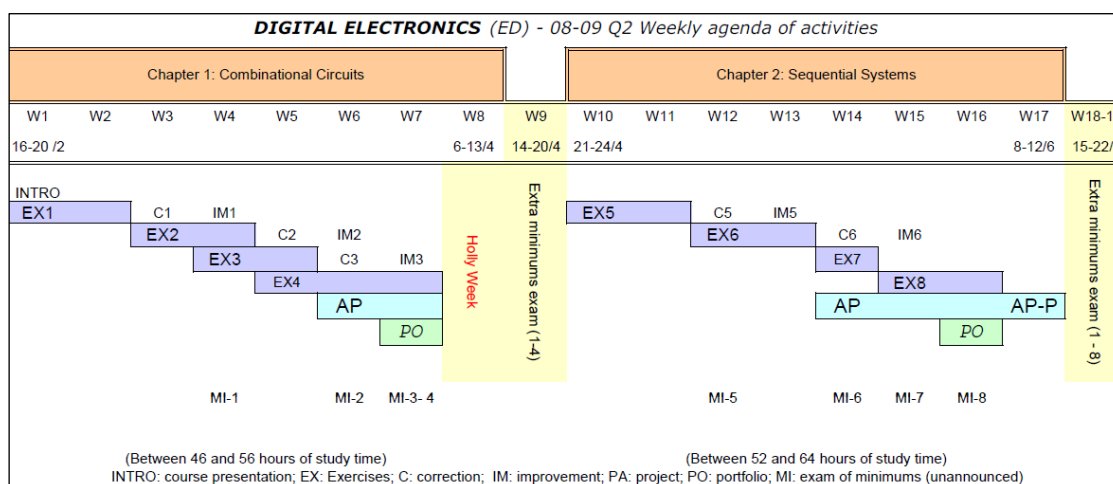


Fig. 45. Exemple d'agenda simplificada de curs.

²⁷ Exemple de pàgina web pera gestionar les tasques a realitzar durant el curs: http://digsys.upc.es/sed//ED/grups_classe/08-09-q2/1BT5/08-09-Q2-1BT5.htm

²⁸ Exemple de pàgina d'agenda diària del curs: http://digsys.upc.es/sed//ED/grups_classe/08-09-q2/1BT5/agenda/agenda_1BT5.htm

3.1.3.3 Preparació de nous materials docents. Mapes conceptuais

Un dels punts de partida, quan es desitja plantejar un canvi de mètode docent, és el material a disposició del professor preparat per impartir l'assignatura de forma convencional. Vegeu la Fig. 46: les pròpies notes, la col·lecció de problemes i exàmens anteriors amb algunes solucions i els textos convencionals són les eines amb què compta generalment un professor. Els alumnes prenen apunts i intenten resoldre els problemes proposats per poder aprendre la matèria suficientment per anar amb garanties a l'examen parcial o final. Moltes vegades, els apunts ja ni tant sols es prenen perquè es disposa de la versió de l'any anterior fotocopiada d'algun altre estudiant. D'altra banda, ben poques vegades s'utilitzen les hores d'atenció als estudiants de què disposen els professors, amb l'excepció d'un parell de dies abans dels exàmens en què se sol preguntar sobre alguna cosa que hi pot sortir. A més, a part de la baixa assistència a classe (que també es va reduint a mesura que avança el curs), la participació durant les hores lectives magistrals és escassa, reduïda moltes vegades a l'aclariment d'algun concepte trivial o bé de la lletra del professor a la pissarra per part d'estudiants de les últimes files. Amb classes expositives convencionals, i amb els recursos esmentats, a no ser que es decideixi abaixar el nivell, la qual cosa resultaria poc ètica, es fa molt difícil obtenir bon rendiment acadèmic generalitzat (80% - 90% d'aprovat) i un aprenentatge significatiu de qualitat contrastable. Més aviat, fins i tot en els millors estudiants, predomina la memorització dels conceptes necessaris per aprovar els exàmens, és a dir, un aprenentatge superficial i estratègic que poc té a veure amb l'aprenentatge de competències professionals amb què, tal com ens exigeixen [119], hem de preparar els futurs enginyers. Una evidència de tacticisme i del poc interès que desperten moltes matèries en la dona el nombre d'estudiants que posa a la venda immediatament després d'haver aprovat l'assignatura els llibres de text.

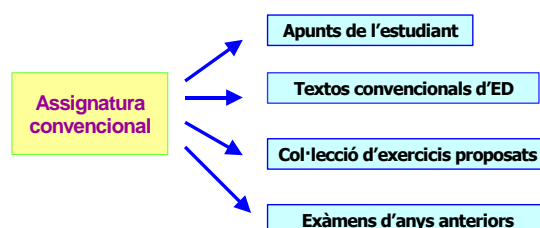


Fig. 46 Recursos per a l'aprenentatge d'una matèria convencional.

En aquesta secció ens fixarem en l'aprofitament dels materials docents que es posen a l'abast dels estudiants. Com mostra la Fig. 47, les noves activitats per aprendre l'assignatura en PBL i aprenentatge cooperatiu requeriran una reorientació dels materials docents clàssics [129]:

- No caldrà associar els llibres de text al curs, no hi haurà textos de referència que calgui comprar per seguir el curs al peu de la lletra i per aprovar, sinó que es quedaran merament com a llibres de consulta a l'hora de trobar idees per resoldre els problemes plantejats o per permetre l'ampliació de coneixements d'un tema als estudiants interessats. I aquí, els llibres clàssics entraran en concurrència amb Internet, on es trobaran moltes altres fonts d'informació per resoldre els problemes.

- Les notes del professor s'aniran transformant en unitats didàctiques de tipus mapes conceptuals que clarificaran quins conceptes són els importants i quines relacions tenen entre ells. No caldrà preparar les transparències en què s'explica bona part de la teoria. Essencialment, la teoria de l'assignatura s'ha anat especialitzant fins al punt de permetre explicar fonamentalment els mètodes i procediments necessaris per resoldre problemes i exercicis. En tot cas, les unitats didàctiques inclouran enllaços a través dels quals es podrà accedir a les millors transparències o classes magistrals fins i tot tipus *open courseware* realitzades en la pròpia o en altres universitats per professors d'excel·lència reconeguda.
- Els problemes clàssics i els d'exàmens d'anys anteriors, moltes vegades exercicis purament acadèmics, de respostes senzilles i tancades, caldrà replantejar-los per adequar-los al PBL amb grups cooperatius (vegeu la secció 3.1.2). Seran el punt de partida a través dels quals els professors aniran preparant problemes cada vegada més adequats a la nova metodologia.

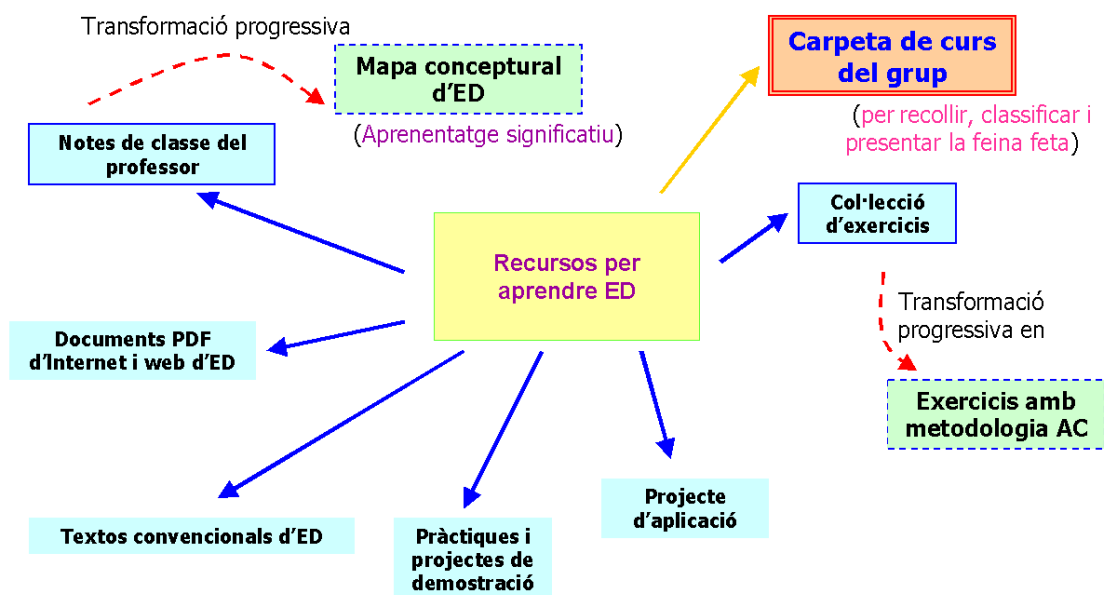


Fig. 47 Recursos per a l'aprenentatge d'ED amb metodologia d'AC.

El mètode cooperatiu implica que el professor vagi descobrint com estudien i aprenen els seus alumnes des d'un bon començament (pràcticament des de la segona setmana de curs). L'assistència continuada al conjunt de grups de treball de la seva classe implica:

- Plantejar explicacions curtes de síntesi i recopilació que ha d'atendre tota la classe.
- Cercar la forma més adequada de plantejar cada concepte o mètode que representi per als estudiants el mínim temps d'assimilació i per al professor el mínim esforç d'explicació o aclariment.
- Resoldre una vegada i una altra els dubtes a cada grup cooperatiu (moltes vegades en les hores de consulta) i dubtes generals de tots els grups de treball.

- Cercar mètodes per solucionar exercicis que impliquin poca feina de correcció per al professor, així com establir criteris de qualitat per a la presentació d'un exercici o problema.
- Intentar posar exercicis autoavaluables pels propis estudiants perquè aprenguin també de la correcció del seu propi treball.

La docència i la coordinació d'una assignatura com aquesta amb diversos professors també és un repte considerable. Implica la discussió i l'anàlisi dels mètodes més adequats per plantejar cadascun dels temes i l'harmonització de procediments i de documentació comuns a tots els grups: col·leccions tutelades de problemes amb les solucions, estructura de la carpeta de curs, tipus i formats dels projectes d'aplicació, etc. Així doncs, l'experiència acumulada permet avançar en la preparació d'un text molt adaptat al tipus de metodologia emprada [130].

La preparació del que podríem dir-ne un text específic per a l'aprenentatge de la matèria en grups cooperatius organitzada en PBL és bàsicament la preparació de mapes conceptuals i l'anàlisi i ajustament de problemes d'anys anteriors que es prenguin com a referència, materials que s'han de poder descarregar de la web de l'assignatura (vegeu la secció 3.2 sobre la descripció de la web). Així es facilita en gran mesura la tasca del professor i es millora el rendiment dels estudiants. En realitat s'aprèn a resoldre problemes seguint uns procediments clars i uns esquemes repetitius tal com indica l'aprenentatge en espiral [30], es reprenen els mateixos temes una vegada i una altra al llarg de gran part del contingut, introduint cada vegada una mica més de complexitat, com ho fa una empresa, que va acumulant experiència (*know-how*) en el disseny, venda i servei postvenda dels seus productes. S'intenta presentar els nous temes de tal manera que incloguin gran part de la matèria ja tractada en els anteriors. Aquesta organització en espiral és la que permet assegurar l'aprenentatge significatiu de conceptes i practicar competències genèriques. Així es capacita l'estudiant a generalitzar més endavant autònomament i a induir solucions a partir dels conceptes i relacions bàsiques que s'han après durant el curs. Fins i tot les assignatures posteriors, tal com SED, s'organitzen com un altre tomb a l'espiral de coneixements presentats a ED.

L'objectiu final és preparar per cada concepte rellevant per al disseny de problemes PBL una unitat d'autoaprenentatge en què es trobin els principals conceptes, i petits tutorials d'ajuda per aprendre autònomament. Així, els guions dels problemes proposats cada semestre, a més del pla de treball, el temps d'estudi necessari, la distribució de tasques entre els membres dels grups i els procediments a seguir, recomanaran les unitats didàctiques que facilitaran l'aprenentatge de la teoria, la recerca de solucions i l'ús de les eines o programaris.

El primer pas: unitats didàctiques segons el temari

En començar a aplicar la nova metodologia docent, a manca d'altres materials, es distribueixen als estudiants les notes de classe del professor, les mateixes que solia utilitzar per explicar la matèria de forma convencional. Són notes que no estan pensades precisament perquè els estudiants aprenguin tant com sigui possible pel

seu compte a resoldre en grup els nous problemes de tipus PBL, sinó per clarificar les classes dirigides i estructurades pel professor.

La primera idea que hom té habitualment és redactar i passar a ordinador les notes de classe per facilitar-ne la lectura als estudiants. Però així és com es comença a escriure un llibre de text convencional, que resultarà més o menys adaptat al temari que s'està impartint. No és això el que ens manca, no cal escriure un altre llibre de text sobre una matèria bàsica, ja n'hi ha molts i de molt bons. No és precisament per manca de bibliografia que s'assoleixen els rendiments acadèmics tan baixos actuals i s'observa la manca de motivació dels estudiants.

Cal pensar en un instrument nou com són els mapes conceptuals [131] que complementi els llibres que ja existeixen i serveixi sobretot per permetre resoldre problemes en grup cooperatiu base de forma tan autònoma com sigui possible, col·locant el professor en un segon pla, organitzant les tasques i facilitant *feedback* sobre la feina que es duu a terme.

Per il·lustrar aquestes idees, fixem-nos en la Taula 25, on apareix detallat el contingut tradicional del curs d'ED que constitueix la base en què estan organitzades les notes de classe del professor.

<p>Tema 1 SISTEMES COMBINACIONALS</p> <p>1.1 Sistemes de numeració, operacions i codis</p> <p>1.1.1 Conceptes bàsics</p> <p>1.1.2 Sistemes de numeració</p> <p>1.1.3 Operacions binàries</p> <p>1.1.4 Codificació</p> <p>1.2 Funcions lògiques i àlgebra de Boole</p> <p>1.2.1 Introducció i concepte</p> <p>1.2.2 Representació en taula de veritat i mapa de Karnaugh</p> <p>1.2.3 Funcions estàndard</p> <p>1.2.3.1 Inversió NOT</p> <p>1.2.3.2 Producte AND i NAND</p> <p>1.2.3.3 Suma OR i NOR</p> <p>1.2.3.4 XOR</p> <p>1.2.4 Circuits integrats de portes lògiques</p> <p>1.2.5 Funcions incompletament especificades</p> <p>1.2.6 Àlgebra de Boole. Postulats i teoremes</p> <p>1.3 Característiques elèctriques dels circuits digitals</p> <p>1.3.1 Nivells lògics i característica de transferència</p> <p>1.3.2 Marge de soroll</p> <p>1.3.3 Temps de propagació</p> <p>1.3.4 Potència dissipada</p> <p>1.3.5 El <i>fan-out</i>, sortida en col·lector obert</p> <p>1.3.7 Sortides <i>tri-state</i></p> <p>1.3.8 Característiques de les famílies lògiques.</p>	<p>Tema 2 SISTEMES SEQÜENCIALS</p> <p>2.1 Especificació de sistemes seqüencials</p> <p>2.1.1 Esquema general d'un sistema seqüencial</p> <p>2.1.2 Concepte d'estat. Màquines d'estats finits (FSM) de Mealy i de Moore</p> <p>2.1.3 Diagrama d'estat i taula de transició d'estats</p> <p>2.1.4 Sincronització de sistemes seqüencials. Sistemes asíncrons i síncrons</p> <p>2.2 Blocs seqüencials estàndard de registre d'1 bit</p> <p>2.2.1 Biestables asíncrons <i>latches</i></p> <p>2.2.1.1 El <i>latch</i> R-S</p> <p>2.2.1.2 L'entrada d'habilitació. El <i>latch</i> D</p> <p>2.2.2 Biestables síncrons <i>flip-flops</i>: JK, D, T</p> <p>2.2.3 Circuits de rellotge i temporització</p> <p>2.2.3.1 Temporitzadors o monoestables (<i>timers</i>)</p> <p>- Temporitzadors amb portes lògiques</p> <p>- Circuits integrats 122 i 221</p> <p>- Temporitzador amb circuit integrat 555</p> <p>2.2.3.2 Circuits de rellotge (<i>clock</i>)</p> <p>- Rellotge RC amb portes lògiques</p> <p>- Rellotges amb cristall de quars. Xips específics de rellotge: DS1073</p> <p>- Rellotge amb 555</p> <p>2.3 Disseny de FSM</p> <p>2.3.1 Metodologia de disseny de FSM</p> <p>2.3.2 Descripció VHDL de circuits seqüencials</p> <p>2.3.3 Dispositius lògics programables II: PLD</p>
--	---

1.4 Disseny de sistemes combinacionals i blocs estàndard 1.4.1 Disseny de circuits senzills 1.4.2 Disseny modular 1.4.3 Blocs combinacionals bàsics: multiplexors, descodificadors, desmultiplexors i codificadors 1.4.4 Blocs aritmètics: comparadors, sumadors i ALU 1.4.5 Generadors i comprovadors de paritat 1.5 Eines EDA i simulació SPICE de circuits digitals 1.5.1. Proteus: entorn integrat de disseny electrònic 1.5.2 Captura d'esquemàtics. Biblioteques de components: models i símbols gràfics 1.5.3 Simulació de circuits digitals 1.5.4 Vectors de test i fitxers d'estímul 1.5.5 Exemples de simulació 1.6 Descripció VHDL de circuits combinacionals 1.6.1 Els llenguatges HDL: VHDL i Verilog 1.6.2 Exemples 1.7 Dispositius lògics programables I: PLD combinacionals 1.7.1 Introducció a la tecnologia de lògica programable 1.7.2 Exemple de disseny i gravació d'un PLD simple combinacional	seqüencials 2.3.3.1 Introducció. GAL, CPLD, FPGA 2.3.3.2 Exemple de disseny d'un PLD seqüencial 2.4 Altres blocs seqüencials estàndard 2.4.1 Comptadors 2.4.1.1 Comptador asíncron 2.4.1.2 Comptador síncron 2.4.1.3 Encadenament de comptadors 2.4.1.4 Comptadors universals 2.4.2 Registres de desplaçament 2.4.2.1 Entrada sèrie i sortida paral·lel 2.4.2.2 Entrada paral·lel i sortida sèrie 2.4.2.3 Entrada i sortida paral·lel 2.4.2.4 Registre de desplaçament universal 2.5 Circuits integrats de memòria 2.5.1 Introducció, estructura i classificació 2.5.2 Memòries RAM i ROM (EPROM, EEPROM, etc.) 2.5.4 Disseny de bancs de memòria 2.5.5 Realització de funcions lògiques amb memòries 2.6 Concepte de processador digital seqüencial microprogramable: unitat operativa i unitat de control. Microprocessador - microcontrolador 2.6.1 Exemple de disseny d'un multiplicador binari 2.6.2 Blocs d'un sistema microprocessador: CPU, memòria i E/S 2.6.3 La unitat central de procés (CPU). El joc d'instruccions d'assemblador 2.6.4 Els perifèrics d'entrada i de sortida digitals (I/O) 2.6.5 Circuits d'interfície de senyals analògics D/A, A/D, V/F
--	--

Taula 25. Contingut tradicional d'ED basat en circuits combinacionals i sistemes seqüencials.

La idea és crear per cada punt del temari una unitat didàctica organitzada jeràrquicament en mapes conceptuals. Ara bé, aquests materials i continguts s'han de triar perquè sols els temes importants de cara al disseny de circuits reals són rellevants. Els altres apunts, moltes vegades teoria o exercicis acadèmics que s'han vingut impartint històricament de la mateixa manera, passen a ser annexos que es poden escanejar perquè serveixin de referència addicional.

A la Taula 26 hi ha la llista d'unitats didàctiques que s'han preparat. Val a dir que tot i tenir en ment la resolució de problemes en format PBL, hi ha encara algunes unitats de teoria o accessòries i s'han mantingut, donant entenent que és molt complicat canviar la inèrcia de treballar sobre temaris més que sobre problemes. La veritable reestructuració de continguts de l'àrea va arribar molt més tard, aprofitant

l'avinencesa del canvi de pla d'estudis i la necessitat de preparar l'assignatura de grau CSD (descrita a la secció 3.4.3) reorganitzant continguts específics que formaven part d'altres matèries.

Tema 1 SISTEMES COMBINACIONALS	Tema 2 SISTEMES SEQÜENCIALS
Unitat 1.1 Presentació i organització d'ED	Unitat 2.1 Definicions i estructures
Unitat 1.2 Sistemes de numeració i primers conceptes	Unitat 2.2 Les cel·les de memòria d'un bit
Unitat 1.3 Les primeres operacions aritmètiques	Unitat 2.3 Les cel·les de memòria d'un bit síncrones <i>flip-flop</i>
Unitat 1.4 Codis binaris per representar informació	Unitat 2.4 Els circuits de rellotge (CLK) i temporització (<i>timer</i>)
Unitat 1.5 L'àlgebra de Boole i els circuits lògics més senzills	Unitat 2.5 Màquines d'estats finits (FSM)
Unitat 1.6 Característiques elèctriques dels circuits digitals	Unitat 2.6 Una introducció del VHDL per als sistemes seqüencials.
Unitat 1.7 Funcions lògiques i minimització	Unitat 2.7 Els PLD amb recursos de memòria
Unitat 1.8 Disseny compacte, disseny modular i Multiplexors	Unitat 2.8 Els comptadors. Part I: Idees generals
Unitat 1.9 Descodificadors i desmultiplexors	Unitat 2.9 Els comptadors. Part II: Aplicacions
Unitat 1.10 Codificadors	Unitat 2.10 Els registres de dades i de desplaçament
Unitat 1.11 El comparador de nombres binaris	Unitat 2.11 Els circuits integrats de memòria
Unitat 1.12 Sumadors i ALU per realitzar la majoria d'operacions aritmètiques en binari	Unitat 2.12 La FSM microprogramada
Unitat 1.13 Programari de simulació Proteus	Unitat 2.13 Unitat operativa + unitat de control.
Unitat 1.14 Una introducció al llenguatge VHDL per descriure circuits digitals	Unitat 2.14 El microprocessador (CPU) i el microcontrolador (CPU + RAM/ROM + E/S)
Unitat 1.15 Els dispositius lògics programables PLD	

Taula 26. Llista d'unitats didàctiques d'ED.

El temari requeria 28 unitats, una unitat per cada 1,5 hores de classe presencial amb un pla de treball setmanal detallat. Atenent a aquest pla de treball, que els estudiants coneixen des del primer dia de curs, cal adquirir cada setmana els conceptes inclosos en dues unitats indirectament, a través de l'exercici proposat. Com que el problema té data de lliurament, no es preveu la possibilitat d'endarreriments que portin al típic cas de no arribar al final del temari. Val a dir que estudiar la matèria esmentada representa per als estudiants la càrrega de treball exigible de 8 hores a la setmana. L'obligació que ens hem imposat d'intentar que s'apreguin els continguts en el temps establert per a cadascun, ha significat un canvi molt substancial en la nostra perspectiva de què s'ha d'explicar o estudiar realment en cada unitat i com s'ha de fer.

La necessitat de fer atractiva l'assignatura porta també a evitar que contingui conceptes que s'hagin de memoritzar, ans al contrari, cal intentar fer-la progressar a través de l'aplicació dels conceptes estudiats amb antelació, sense talls sobtats i sempre des d'una perspectiva de disseny de circuits pràctics. Una de les idees clau de l'aprenentatge significatiu (vegeu la secció 1.2.2), tal com indica Ballester [131], i que nosaltres hem pogut anar comprovant amb la nostra experiència docent, és la de relacionar d'una forma estructurada i coherent les idees prèvies de l'alumnat amb la informació nova. Cal determinar què sap l'estudiant d'un tema abans de continuar afegint matèria. Per això cal assegurar, per exemple amb la correcció immediata

d'exercicis, quin és el nivell assolit, abans de pretendre que s'assoleixin nous coneixements i competències, moderant al mateix temps la càrrega de treball per no permetre que s'aclaparin. La disposició i la motivació dels alumnes a l'estudi afecten fortament la programació de l'assignatura, tenint en compte que pretenem assolir el màxim rendiment acadèmic.

Cada unitat s'editarà independentment un cop s'hagin decidit quins en seran els continguts. Tal com mostra l'exemple dels circuits descodificadors (Fig. 48 i Fig. 49), cada unitat està organitzada jeràrquicament per conceptes clau d'interès per al disseny del circuit. Cada concepte es prepara a través d'un conjunt de transparències, una dins l'altra, fins al detall que sigui necessari. Concretament, a les figures es mostra la transparència inicial que serveix de guió per enllaçar la unitat. La Fig. 50 és l'esquema dels conceptes de primer nivell dels descodificadors en *PowerPoint*. Molts dels procediments i mètodes són estàndard i, un cop definits, s'aplicaran repetidament en diverses unitats per tal d'aprofundir en el coneixement i aprenentatge. Són aquestes continuïtat, unitat de mètodes i reiteració de procediments les que aconseguirien que al final la majoria d'estudiants comprenguin l'assignatura fins a un nivell força significatiu.

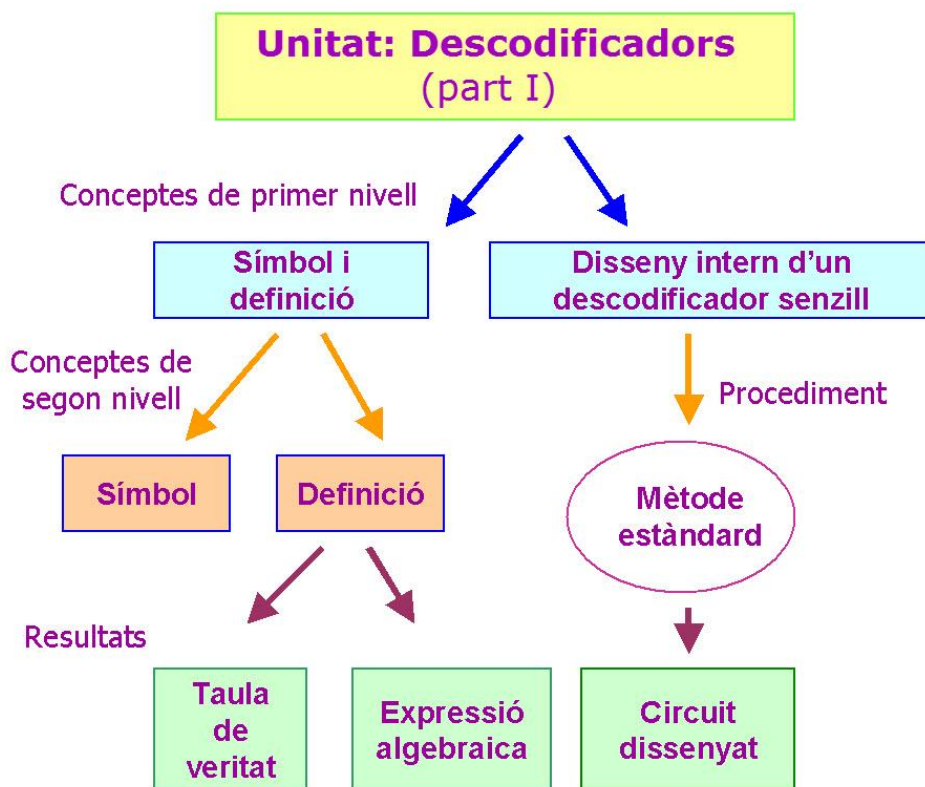


Fig. 48. Part I: Unitat estructurada a través de piràmides de conceptes i procediments.

Un text d'aquest tipus es construeix en nivells o capes. En primer lloc es prepara la primera capa formada per les transparències inicials de cada unitat. La Fig. 51 mostra un altre exemple de transparència inicial de guió d'unitat. Posteriorment, es van afegint les transparències del segon nivell de cada unitat, però tenint en compte que cada una ha de presentar un nombre similar de transparències. Cal anar

documentant en paral·lel totes les unitats al mateix temps que es consensuen els contingut entre els professors i s'assagen a la classe per rebre les aportacions i comentaris dels estudiants.

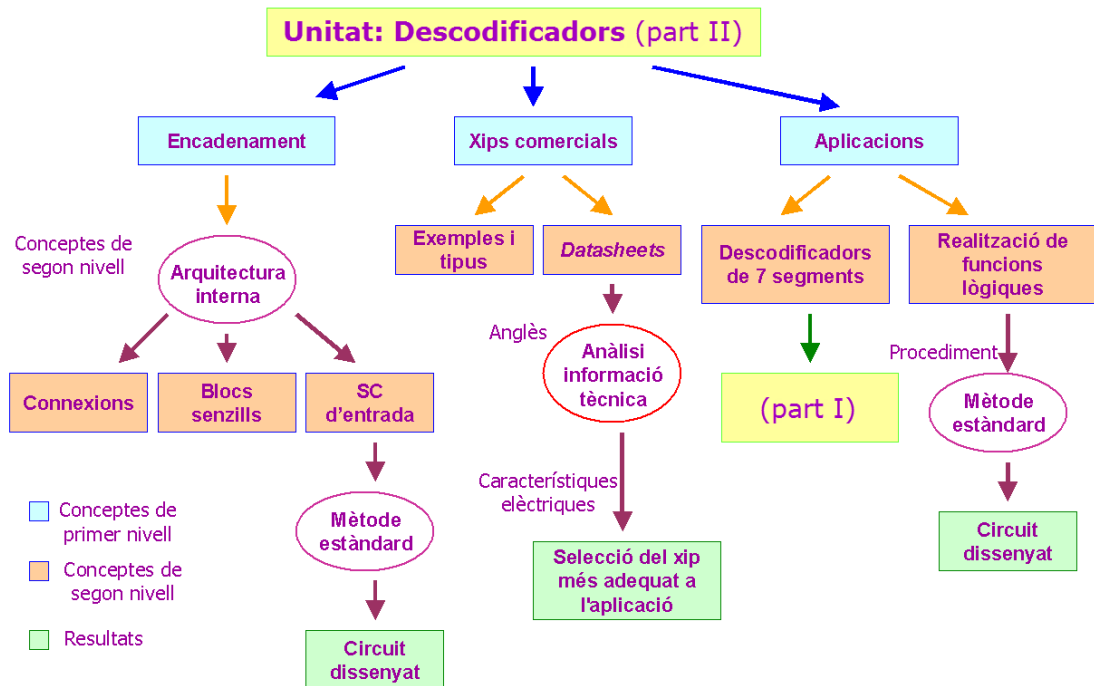


Fig. 49. Part II: continuació de la Fig. 48.

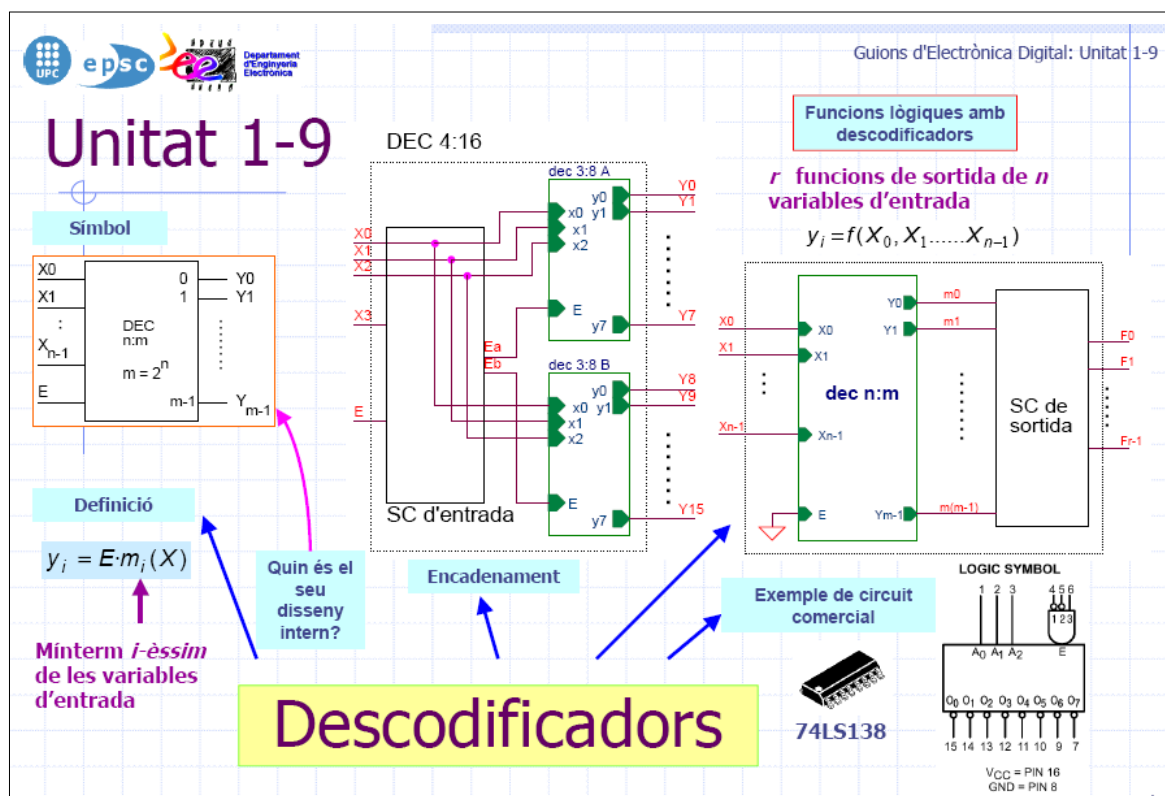


Fig. 50. El mapa conceptual del primer nivell dels descodificadors en *PowerPoint* complementat amb figures i diagrames de blocs descriptius.

Tenint en compte que l'anglès és la llengua de referència en la descripció dels sistemes digitals, és convenient i necessari subministrar als estudiants els conceptes i vocabulari originals en anglès de la matèria per facilitar-ne l'assimilació, comprensió i ús. D'aquesta manera es dona un valor afegit molt important als estudis des d'un bon començament, a més de permetre la incorporació i seguiment de pàgines web i documents tècnics relacionats amb els components i circuits digitals.

Sens dubte, aquest text específic en forma de mapa conceptual és idoni per traduir-lo i adaptar-lo sense dificultats excessives al llenguatge *html* amb la finalitat de col·locar-lo fàcilment a la pàgina web de l'assignatura amb estructura d'hipertext. Finalment, cal destacar la facilitat d'incorporar al text un glossari de terminologia, enllaços a les definicions de la Viquipèdia o altres enllaços cap a pàgines web d'altres autors i universitats amb la intenció de complementar amb informació addicional l'estudi de cada concepte.

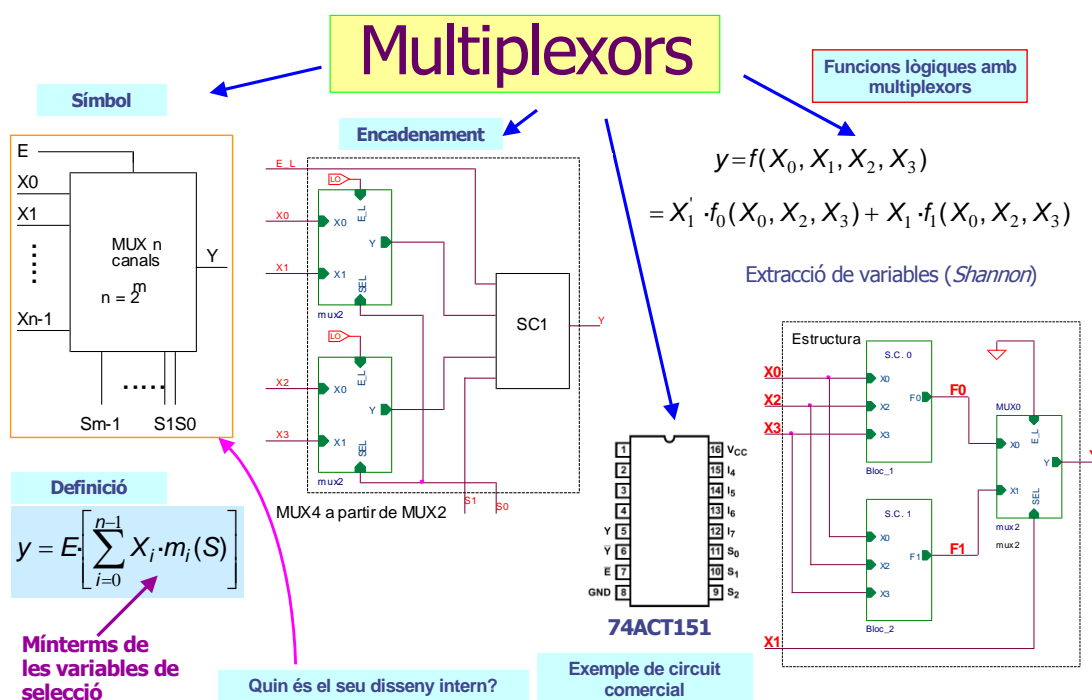


Fig. 51. Exemple de diagrama de conceptes per introduir una unitat. Cadascun dels termes en blau són punts de partida per a nous nivells de transparències.

El text esquemàtic, a més permet la traducció senzilla a l'anglès sense gaire esforç. S'obre d'aquesta manera una altra porta cap a la preparació de classes en anglès per a estudiants de primers cursos universitaris. L'experiència duta a terme en l'ús del CLIL (*content and language integrated learning*) s'explica detalladament a la secció 4.5. La Fig. 52 és un altre exemple de mapa conceptual per introduir una unitat didàctica dissenyat amb l'eina gratuïta CMAPS-Tools²⁹ que permet la jerarquitització dels continguts i que ja es va preparar en anglès.

²⁹ <http://cmap.ihmc.us/>

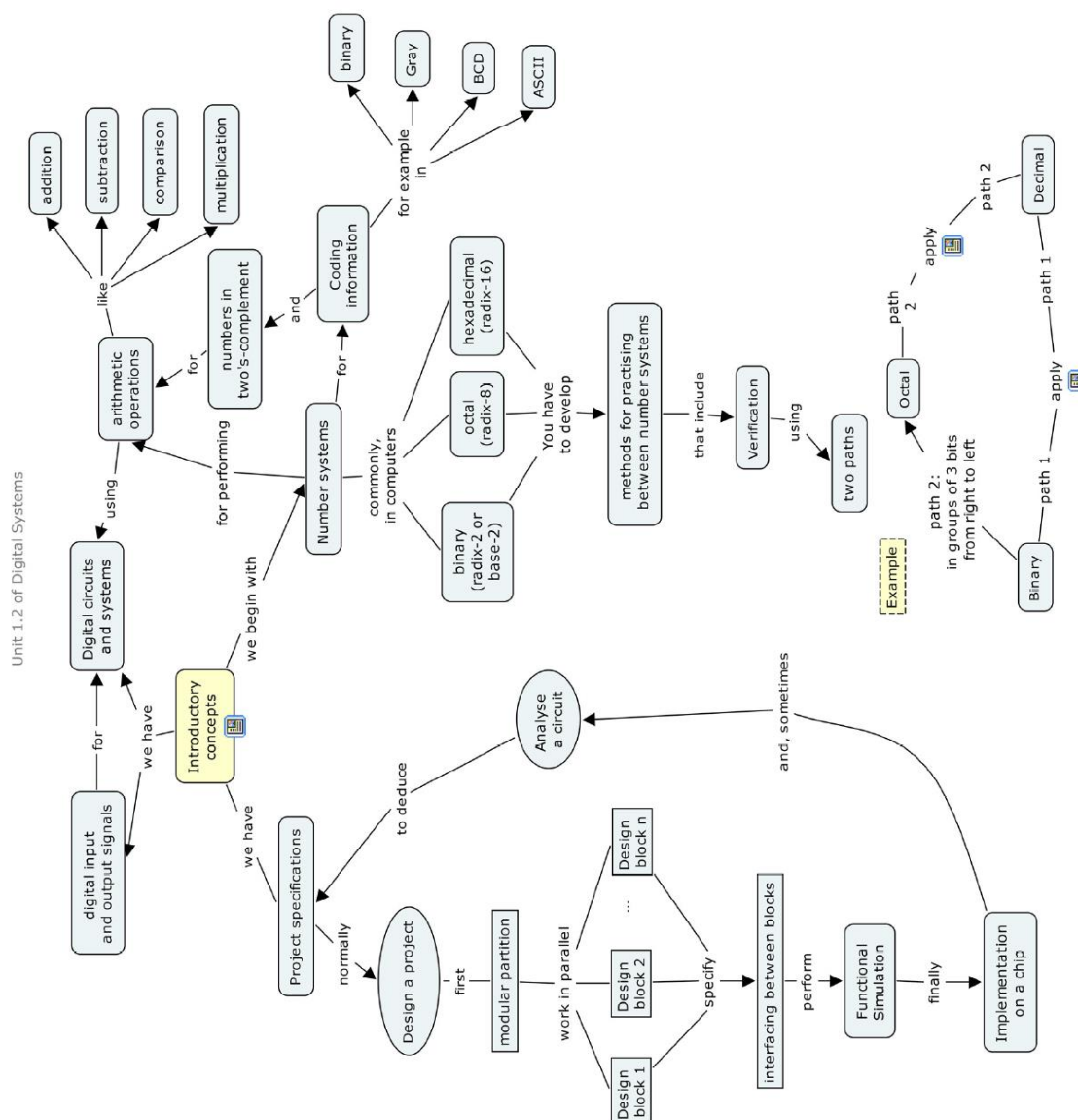


Fig. 52. Exemple d'ús del programari lliure CMAPS-Tools per incorporar l'estructura jeràrquica de les unitats didàctiques a la pàgina web del curs.

Conclusions

Hem comprovat que la implementació de l'AC requereix el disseny de nous materials didàctics prou diferents dels habituals en classes explicatives convencionals. La forma definitiva que adopten aquests nous materials és el resultat d'una experiència continuada impartint els continguts de la matèria amb el nou mètode d'aprenentatge cooperatiu i en contacte constant amb els estudiants. Per impartir els coneixements tècnics propis d'ED i les altres competències genèriques, hem arribat a la conclusió que ens és de gran ajuda la preparació d'un "llibre d'hipertext" basat en un mapa conceptual que enllaci jeràrquicament la majoria de temes de l'assignatura. Els comentaris dels estudiants respecte dels primers guions dissenyats, les enquestes realitzades i les nostres pròpies valoracions en assajar aquests materials a l'aula així ens ho indiquen. Aquesta estructura conceptual és fàcilment programable en format

electrònic per a ser emprada a Internet (vegeu el projecte de millora de la web de l'assignatura [193]).

Cal remarcar que la necessitat de crear aquest material d'estudi, així com la idea de la web de suport a l'assignatura, ha sorgit com a conseqüència d'haver introduït la metodologia de treball cooperatiu [132] i [133]. És important dir-ho perquè si s'hagués usat una metodologia tradicional, el que s'hauria publicat al cap d'uns quadrimestres hauria estat un llibre més a afegir a la llarga llista que ja existeix en aquesta àrea sense novetats significatives. Si es pretén incentivar l'autonomia dels alumnes aconseguint que estudiïn gran part dels materials per ells mateixos en col·laboració amb els companys de curs mantenint el suport dels professors en un segon pla, és necessari preparar materials adients diferents dels convencionals.

En aquest sentit, la preparació dels nostres materials amb el repte d'incloure i reforçar l'ús efectiu d'Internet, ens apunta a estratègies com ara el *blended learning* [134], el *connected learning*³⁰ o als esquemes d'aprenentatge preparats per als estudis semipresencials o virtuals [135], en què els professors planifiquen activitats, monitoritzen i avaluen el treball dels estudiants ben diferentment com es fa als estudis tradicionals i que per això han desplegat la pedagogia pròpia que s'adapta a les seves condicions [61]. L'ús intencionat d'Internet com a plataforma facilitadora de l'aprenentatge de continguts i competències ha generat nous escenaris de treball en què són d'ús freqüent i intercanviable termes com ara: *blended*, *hybrid*, *connected*, *technology-mediated instruction*, *web-enhanced instruction*, *mixed-mode instruction*, etc.

El segon pas: mapes conceptuals orientats al PBL

En realitat, una vegada es té l'assignatura organitzada al voltant de la resolució de problemes en format PBL, la teoria i les unitats didàctiques s'han de repensar una altra vegada, allunyant-nos encara més del format tradicional del llibre de text. L'objectiu és organitzar la informació per facilitar que puguin resoldre projectes tan autònomament com sigui possible i la teoria que cal aprendre, la necessària per planificar i desenvolupar el projecte. A l'assignatura CSD (secció 3.4.3), s'intenta descobrir un format adequat d'organització de la matèria en aquest sentit on, bàsicament, les planificacions dels projectes són mapes conceptuals complets en els quals s'organitzen els conceptes i procediments necessaris per explorar les solucions.

3.1.3.4 Exemple d'un puzzle per aprendre continguts específics en grup cooperatiu

L'aplicació del PBL en l'aprenentatge de la matèria facilita la realització d'activitats a l'aula en format cooperatiu. Per exemple un puzzle o *jigsaw* [136], a través del qual els grups de treball proposen solucions alternatives al mateix problema, assagen, comparen i critiquen solucions tècniques proposades per altres grups (consum d'un circuit, velocitat de processament de la informació, llista de materials, grandària del

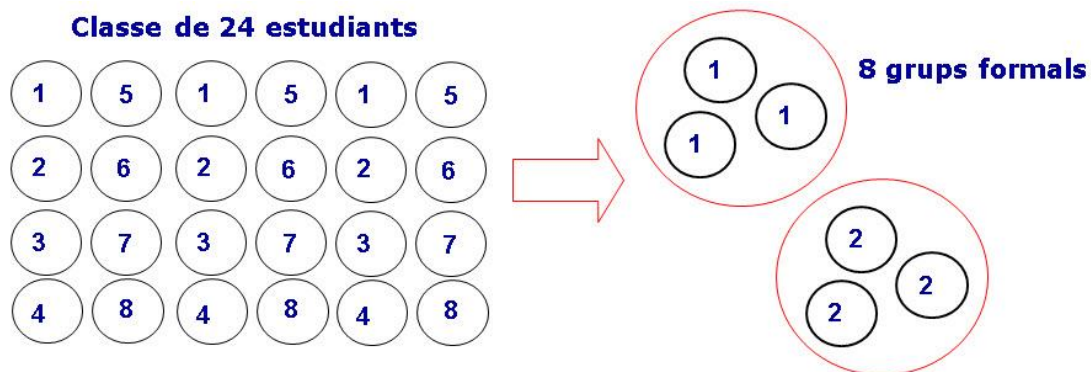
³⁰ Els fonaments del *connected learning*: <http://connectedlearning.tv>

circuit imprès, facilitat d'ús o de disseny, etc.) i adquireixen coneixements relacionats amb la competència industrial i la necessitat que té una empresa de produir productes exclusius i competitius davant de les moltes i variades tècniques a l'abast.

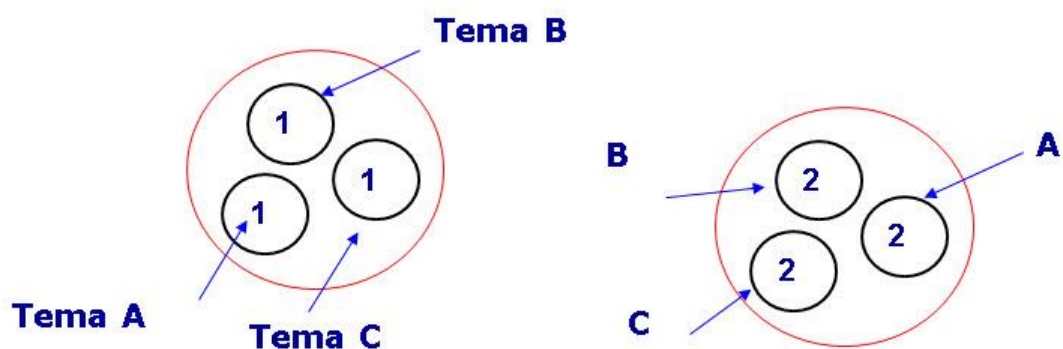
Organitzar un puzzle a l'aula és senzill, tot i que requereix disposar del material preparat prèviament en seccions distintes perquè els grups informals d'experts puguin anar treballant l'activitat. En la majoria de les nostres experiències hem format grups de tres estudiants quan hem dut a terme puzzles a l'aula, ja que els hem fem coincidir amb els grups-base que durant el curs duen a terme tots els exercicis en treball cooperatiu.

Aquest seria un possible guió per desenvolupar un puzzle a l'aula amb l'objectiu d'aprendre un tema, lliçó, problema, etc.:

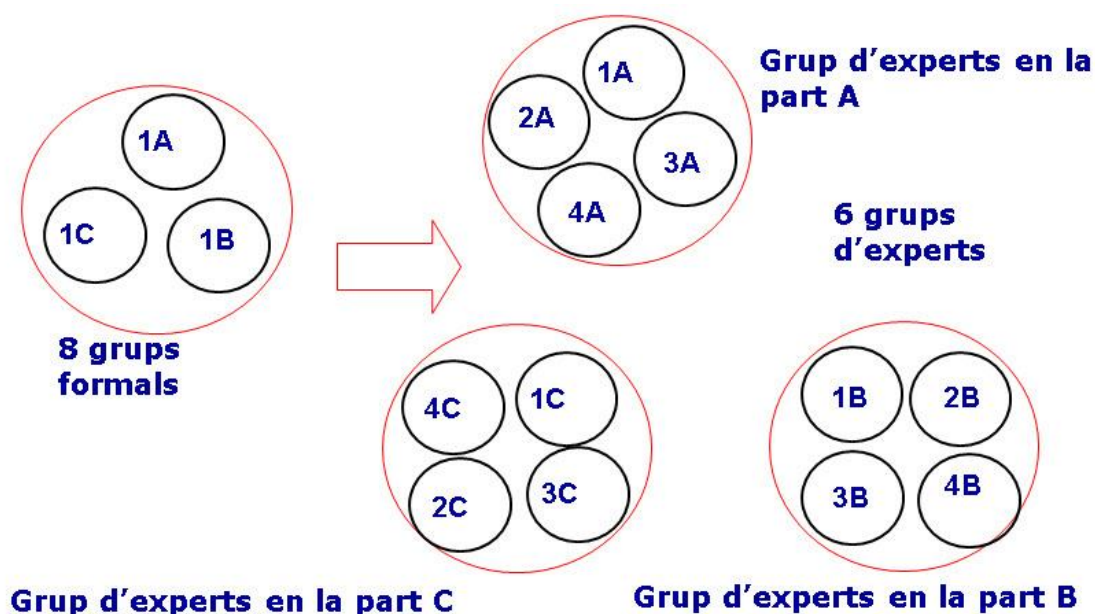
1. Formació de grups formals per a tota la sessió. En el nostre cas coincideixen amb els grups-base del treball cooperatiu. Alternativament, podem construir grups formals assignant un número a cada estudiant i agrupant de 3 en tres els que tinguin el mateix número (Fig. 53a). (5 min)
2. Repartició del material a estudiar prèviament preparat pels professors i lectura individual de la secció que ha tocat a cadascú. Naturalment, els grups formals han de tenir un estudiant expert en cada secció del material (Fig. 53b). (15 min)
3. Reunió d'experts, és a dir, dels estudiants als quals els ha tocat la mateixa secció, discussió i aprenentatge del material. La mida correcta dels grups d'experts sol ser de 3 o 4 estudiants (Fig. 53c). (20 min)
4. Preparació individual del material a explicar amb notes, esquemes, mapes conceptuals, etc. (5 min)
5. Reunió i discussió del grup formal amb l'objectiu d'aprendre la lliçó completa a partir de les explicacions dels tres experts en cada secció. Els estudiants poden prestar una atenció activa a les explicacions dels seus companys. Podem adoptar consecutivament els papers de ponent, controlador de temps i crític. (30 min)
6. Debat de l'experiència i avaluació de l'aprenentatge de continguts amb el professor, entre companys o autoavaluació.



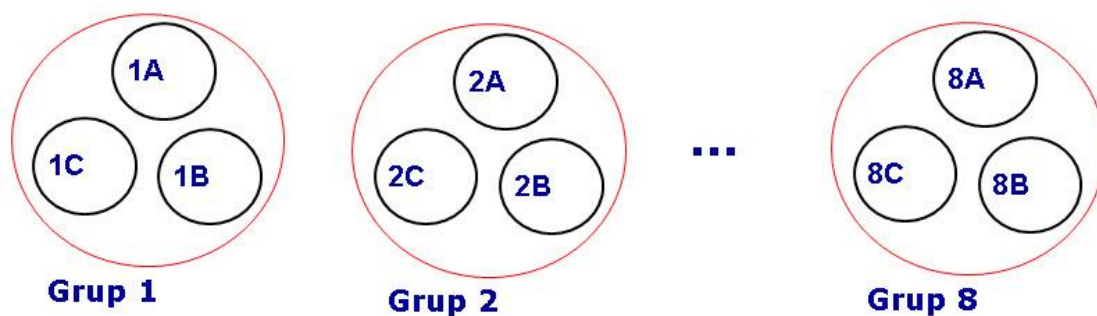
a) Divisió de la classe en diferents grups-base de 3 estudiants.



- b) En cada grup formal hi ha d'haver un expert en cada secció del material.



- c) Generació de grups d'experts amb la mateixa assignació de materials. Per exemple, la figura mostra com a partir dels grups formals 1, 2, 3 podem generar els tres grups d'experts, els quals aprendran la seva matèria A, B, o C conjuntament.



- d) Retorn al grup formal corresponent per dur a terme l'aprenentatge de lliçó a partir de les explicacions de cada membre que s'han fet expert en la seva matèria.

Fig. 53. Les diverses fases de realització d'un puzzle a l'aula descrites com a), b), c) i d).

Exemple de la resolució d'un exercici del tema 1 d'ED amb la tècnica del puzzle:

- A. Lectura de materials i comprensió del problema a dissenyar. Cada grup cooperatiu base realitza la lectura de l'enunciat i comença la recerca d'informació bibliogràfica o en web per entendre què es demana. Fixem-nos com qualsevol aplicació senzilla amb solucions obertes permet revisar pràcticament tot el contingut del tema 1 sobre circuits combinacionals.

Problema proposat

We want to design a digital wind direction meter as seen in Fig. 54 based on an optoelectronic rotary encoder of 16 positions. The sensor disk, as shown in Fig. 55a, is coded in Gray³¹, which was originally used instead of binary code to prevent spurious outputs from electromechanical switches.

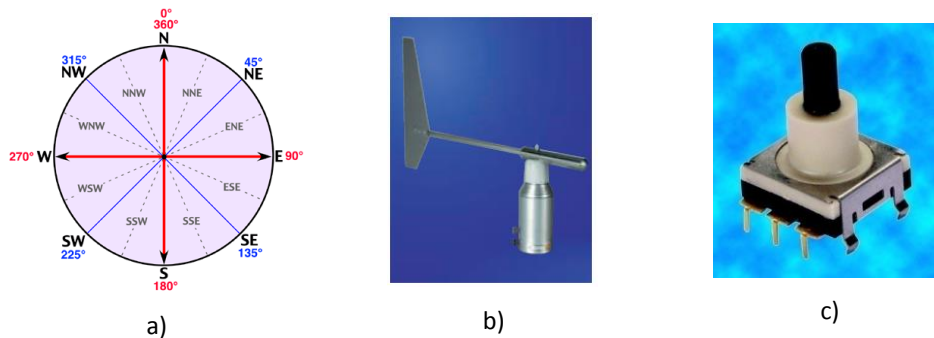


Fig. 54. a) Wind compass describing the sixteen principal bearings used to measure wind, b) the wind wave, and c) the rotary sensor to be designed.

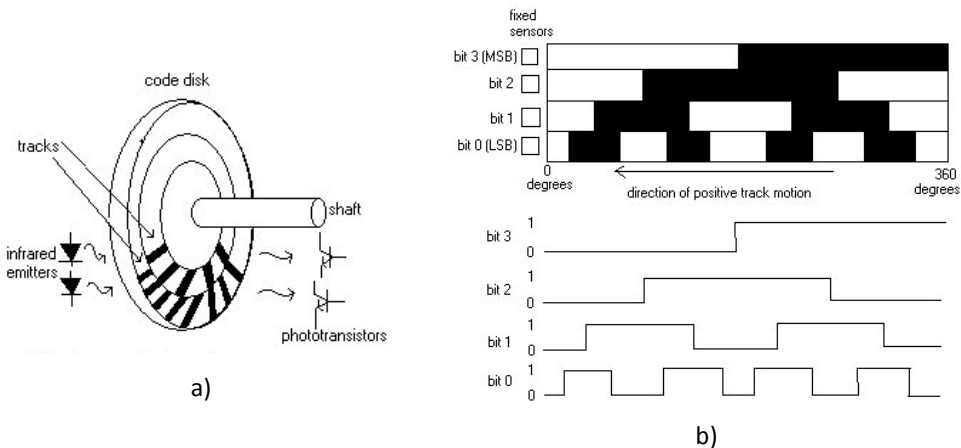


Fig. 55. a) A rotary optical encoder. b) 4-bit Gray code absolute disk track patterns.

1. After a theoretical introduction to the physical problem of measuring wind speed and direction, design a block diagram for the wind direction meter if we want to have both, a 2-digit BCD output and a 1-bit coded output to light a circle of 16 LED to display wind direction, in the same way professional products do. Explain the logic function of each building block and infer their truth tables.

- B. Generació del grups d'experts per a la realització de les seccions dels problemes. Cada grup es fa càrrec d'un procediment a), b) o c). Els estudiants han d'aprendre correctament les

³¹ Reference for the figures and professional applications

http://mechatronics.mech.northwestern.edu/design_ref/sensors/encoders.html, and <http://www.novalynx.com/>

bases de cada procediment fins al punt de poder-les explicar amb seguretat després als seus companys de grup base.

2. Write the truth table for each block and express each output in terms of:
 - a) a sum of minterms
 - b) a product of maxterms
 - c) a Karnaugh-minimised sum of products (SoP) or a product of sums (PoS). Use also de Minilog software to check the minimisation results.
3. Design the code converters implementing the logic functions using:
 - a) only NAND gates / only NOR gates / NOT- AND-OR
 - b) The method of decoders
 - c) The method of multiplexers

Check the results by means of a Proteus-ISIS simulation, so that every group can demonstrate that their circuit works as expected.

- C. Tornada al grup base en què cada participant ensenya als altres membres la matèria estudiada i es discuteixen les característiques de cada disseny particular.

4. Learn from each other the three fashions proposed to design combinational circuits. Discuss advantages and drawbacks of every design. Which one is more easily expandable? Which one has a more regular structure? Which one has the minimum number of gates? Which one is the fastest? Etc.

Exemple de resolució d'un exercici del tema 2 d'ED amb la tècnica del puzzle:

- A. Lectura de materials i comprensió del problema a dissenyar. Cada grup cooperatiu base realitza la lectura de l'enunciat i comença la recerca d'informació bibliogràfica o en web per entendre què es demana. Els objectius del grup-base són plantejar l'arquitectura del sistema un cop enteses les especificacions i planificar les fases de disseny i verificació.

Problema proposat

Disseny d'un controlador de cruïlla de semàfors. Es tracta d'establir el diagrama en blocs del sistema *controller* representat a la Fig. 56, proposar un diagrama d'estats i un cronograma per la màquina d'estats finits (FSM) i organitzar les fases de disseny i verificació del circuit construït. Heu d'especificar correctament la funció de cada sensor o pulsador i si és que es pot organitzar un projecte escalonat en diverses fases, afegint prestacions a poc a poc.

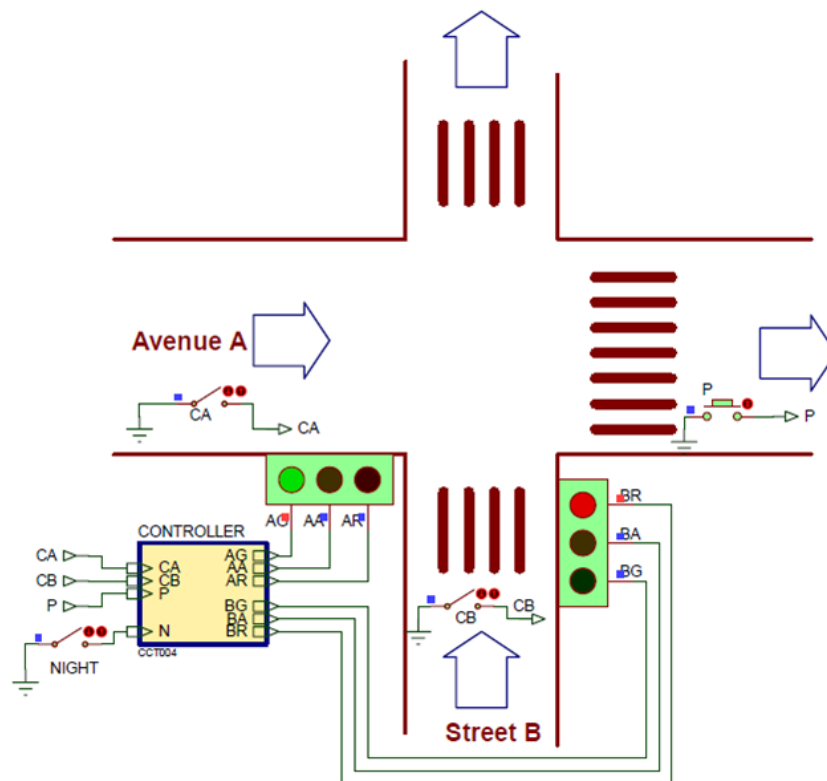


Fig. 56. Controlador d'una cruïlla de carrers a dissenyar a l'assignatura ED.

- B. Generació del grups d'experts per a la realització del problema usant diferents components per al disseny de la memòria d'estats. Cada grup es fa càrrec d'un procediment a), b) o c).

Cada grup informal d'experts realitza el disseny amb registres *flip-flop* del tipus:

- a) FF-D
- b) FF-JK
- c) FF-T

Podeu preveure també l'estudi de diversos codis binaris per als estats: Gray, binari natural, *one-hot*, etc. Recordeu que usar cel·les de memòria d'estat de diferents tipus implica també un disseny específic per als circuits combinacionals CC1 i CC2. Una vegada finalitzat el circuit, heu de capturar l'esquema amb Proteus-ISIS i verificar que el vostre controlador funciona segons el diagrama d'estats previst.

- C. Tornada al grup base en què cada participant ensenya als altres la matèria estudiada i es discuteixen les característiques de cada disseny particular. Els alumnes han de mostrar un domini del seu material talment com si fossin el professor.

Expliqueu-vos les característiques principals de cada disseny a), b) o c) i quines són les diferències entre ells. Quina serà la velocitat màxima de procés en usar una tecnologia determinada (LS, HCT, etc.) per al muntatge del prototip? Quina de les diferents cel·les de memòria proposades dóna lloc als circuits combinacionals CC1 (taules de transició d'estats) i CC2 (sortides) més senzills? Si observem les característiques de circuits digitals comercials capaços d'implementar màquines d'estats, quines cel·les de memòria són les més usades? Etc.

3.1.4 Avaluació formativa

3.1.4.1 Esquema d'avaluació sense exàmens tradicionals

Pel que fa a l'avaluació de l'aprenentatge de coneixements i competències dels estudiants, tal com s'ha discutit a la secció 2.4.1, en aquesta assignatura hem proposat oblidar-nos dels exàmens tradicionals i impulsar l'avaluació sumatòria i formativa continuada seguint l'esquema representat a la Fig. 57. Es reserva un percentatge significatiu de la qualificació final a l'elaboració del portafolis com si d'una activitat del curs es tractés. Aquest esquema, com a conseqüència dels bons resultats obtinguts, s'ha fet extensible amb les necessàries adaptacions a la resta d'assignatures de l'àrea de tecnologia electrònica que es descriuen en aquest treball.

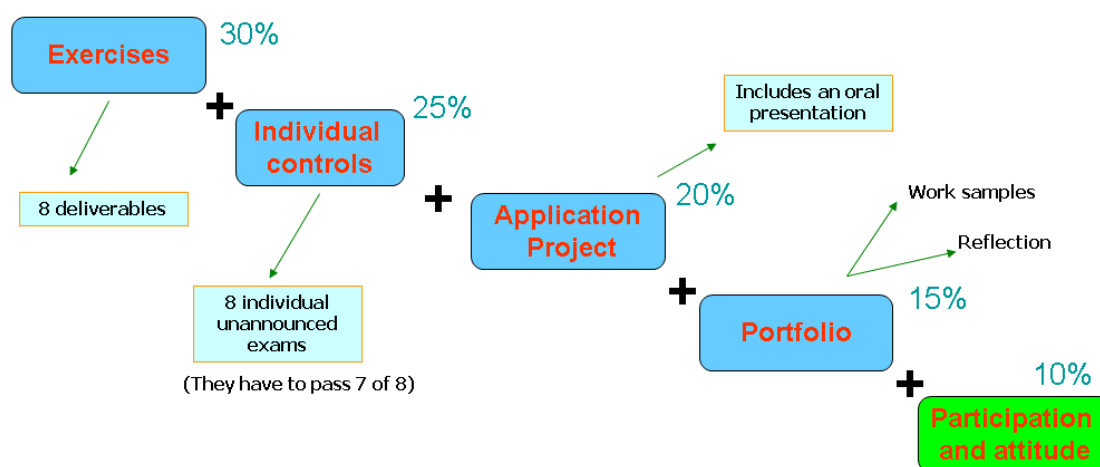


Fig. 57. Exemple d'esquema d'avaluació de l'assignatura ED.

L'esquema és conseqüent amb l'organització general que anem descrivint. La realització d'exercicis com a petits problemes o projectes en grup és la base a partir de la qual es vehiculen els coneixements i es practiquen les habilitats transversals; se'n poden realitzar controls individuals, es pot proposar la presentació oral d'algun com a projecte d'aplicació, es redacten solucions segons les indicacions de la plantilla i es classifiquen en el portafolis. L'EETAC ens permet incloure el concepte de participació i actitud també com un percentatge de la qualificació final.

3.1.4.2 Exàmens de coneixements mínims

Els coneixements mínims de l'assignatura són els que tots els estudiants han d'haver assolit com a prerrequisit per aprovar-la. El seu coneixement s'acreditarà als exàmens, que consistiran en una pregunta o exercici per cadascun dels punts que componen la Taula 27. La dificultat de cada exercici mai serà superior al nivell dels exercicis desenvolupats durant el curs. Aquests controls de mínims són l'única activitat del curs que es realitza individualment.

Tots els estudiants d'ED han de tenir com a objectiu obtenir almenys un 5 de qualificació en 7 dels 8 controls de mínims proposats, si no, no s'aprova l'assignatura. Ara bé, cal assenyalar que globalment els mínims representen tan sols un 40% de la qualificació d'ED. Val a dir també que el nombre de controls de mínims que al final queden fixats, una vegada establerta la mecànica de la matèria, depèn de la discussió

entre els professors de l'assignatura i dels resultats de les atenes les enquestes i percepcions dels estudiants.

Per facilitar la superació d'aquests mínims es realitzaran prou controls perquè cada mínim pugui ser avaluat almenys dues vegades. Com un exercici més, té tot el sentit que, qui ho vulgui, pugui millorar la qualificació.

En realitat a través dels mínims ens volem assegurar que el treball en grup s'ha realitzat correctament, és un mecanisme de detecció de situacions conflictives en els grups cooperatius. Altres detalls sobre el concepte dels coneixements mínims s'han descrit a la secció 2.4.1.6.

Circuits combinacionals

MI-1	Sistemes de numeració binari, octal i hexadecimal. Canvi de base i realització d'operacions aritmètiques amb nombres amb mòdul i signe en complement a 2. Codis binaris més usats per a la representació d'informació: binari natural, BCD, Gray, ASCII.
MI-2	Àlgebra de Boole i les seves propietats. Representació algebraica de funcions lògiques en forma canònica. Simplificació amb taula de Karnaugh. Realització de circuits lògics amb grups complets de funcions (2-3-4 nivells de portes). L'estructura NOT-AND-OR pròpia dels dispositius programables PLD de tipus GAL22V10.
MI-3	Identificació de les famílies lògiques i les característiques elèctriques més importants: nivells de tensió, marges de soroll, potència dissipada, temps de propagació, etc. Funcionalitat de les portes lògiques amb sortides <i>tri-state</i> i amb col·lector obert. Interpretació de la informació bàsica dels fulls de fabricant (<i>datasheets</i>) i cronogrames. Circuits de portes lògiques amb tecnologia CMOS.
MI-4	Disseny modular i encadenament de sistemes digitals combinacionals. Blocs estàndard lògics (multiplexors, descodificadors, etc.) i aritmètics (comparadors, sumadors, etc.). Disseny de funcions lògiques amb els mètodes de multiplexors i descodificadors.

Sistemes seqüencials

MI-5	Cel·les de memòria d'1 bit: biestables asíncrons (<i>latches</i>) i síncrons (<i>flip-flops</i>). Relotges (<i>clock</i>) i temporitzadors (<i>timer</i>). Anàlisi de sistemes seqüencials asíncrons senzills.
MI-6	Disseny de màquines d'estats finits (FSM) síncrones amb cel·les <i>flip-flop</i> .
MI-7	Estructura, disseny i encadenament de blocs estàndard seqüencials comptadors i registres de desplaçament.
MI-8	Circuits integrats de memòria ROM, EPROM, EEPROM i RAM. Funcions lògiques amb memòries i descodificació de bancs de memòria.

Taula 27. Llistat de coneixements mínims que han d'haver assolit els estudiants d'ED en finalitzar l'assignatura.

Ja hem explicat que la concepció d'aquestes proves ha estat vàlida mentre hem estat realitzant el pla pilot d'adaptació a l'EEES. Així, el que destacarem més de la implantació de CSD, l'assignatura equivalent al nou pla d'estudis, és precisament l'adaptació d'aquestes proves per poder-les fer compatibles amb la normativa acadèmica de la universitat.

3.1.4.3 Proposta de portafolis

Atenent a la discussió presentada a la secció 2.4.2 sobre el dossier d'aprenentatge de l'estudiant, aquest element esdevé un dels pilars centrals sobre el qual es vehicula l'avaluació de l'assignatura. Es tracta de l'instrument ideal per mostrar què i fins a quin nivell de qualitat s'han desenvolupat una matèria i unes competències. En pretendre dur a terme una docència de tercer o quart nivell de Biggs (vegeu la secció

1.2.3), el portafolis és adequat per mostrar una part substancial de l'activitat del curs i ajudar realment els estudiants a organitzar el que van aprenent. Ens donarà evidències sobre si s'ha assolit l'aprenentatge significatiu en alguns temes.

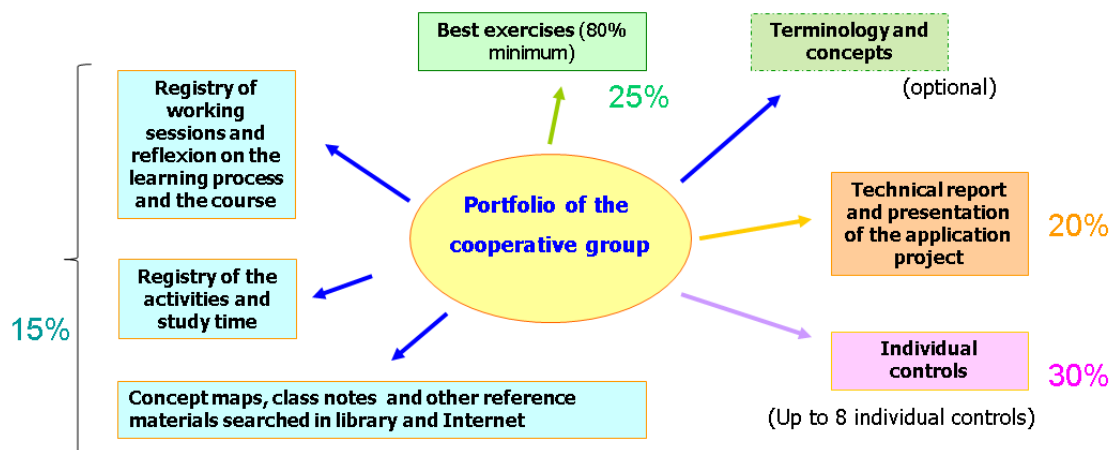


Fig. 58. Conceptes que s'inclouen en la proposta de portafolis semiestructurat per a l'assignatura ED.

Una matèria com ED organitzada d'aquesta forma ha de tenir un plantejament instruccional sistemàtic que pretengui la millora continuada de la docència en successives edicions dels cursos, tal com mostra la Fig. 17 del capítol 2. D'aquesta forma, serà necessari que el portafolis es faci present en totes les fases en què es programa l'assignatura, és a dir:

- Fase 1) Entre els objectius del curs, per facilitar l'alineació constructiva, s'ha d'haver inclòs la preparació d'un portafolis. A més, les habilitats en què es basa el portafolis també s'hauran d'haver definit com a objectius del curs: reflexionar, planificar activitats, distribuir el temps d'estudi, redactar i presentar documents amb efectivitat, etc.
- Fase 2) Entre les activitats preparades per al PBL s'ha d'haver programat temps d'estudi per preparar el portafolis i aprendre l'ús de les eines amb les quals es posarà en pràctica. De fet, la necessitat de publicar i mostrar (algunes de) les activitats realitzades durant el curs, obligarà a realitzar-les a través de plantilles i procediments de qualitat.
- Fase 3) L'aprenentatge cooperatiu per resoldre les activitats PBL facilitarà la realització, a l'aula i a fora, de treballs, problemes, exercicis i presentacions en grup o individuals a través de les quals l'alumne mostrarà com adquireix els coneixements específics i les habilitats genèriques. Així disposarem de força oportunitats per generar bones evidències que facilitaran a l'estudiant la reflexió i la valoració de la pròpia conducta durant el curs.
- Fase 4) L'elaboració del portafolis (selecció de materials i reflexió), també s'avaluarà. Se li atorgarà un pes del 15%.
- Fase 5) A l'hora de valorar la tasca docent realitzada, els portafolis constituïran una bona indicació del nivell assolit i de com haurà anat el curs; formaran part de les evidències que haurèm recollit per validar o no el procés docent i, si s'escau, discutir sobre la matèria amb els responsables del departament o de l'escola.

Per aquesta assignatura ED ubicada al segon quadrimestre del primer curs (1B), es proposa un portafolis en paper en carpeta d'anells (Fig. 59), més senzill però que igualment permet assolir els objectius. És preferible, en aquestes alçades dels estudis, facilitar que els estudiants s'expressin a mà, que redactin bons materials que els permetin discutir els problemes entre ells i en tot cas, que usin l'ordinador a com eina tècnica per a la simulació de circuits i per adjuntar esquemes i resultats. A més,

l'audiència a qui va destinat aquest portafolis cronològic per al seguiment de l'aprenentatge són els mateixos estudiants i el professor que els corregirà o validarà, així que una elaboració en paper és més que suficient.

En assignatures més avançades veurem que se'ls exigirà que el portafolis sigui electrònic, per exemple un document en format Word o PDF (vegeu-ne els detalls a SED), o ben bé ja representi l'elaboració d'una pàgina web (a l'assignatura CSD del nou pla d'estudis). En aquests cursos avançats, la competència de redacció de materials per a discussió de problemes de l'àrea ja es considerarà assolida i, per tant, l'ús afegit del processador de textos ja no els representarà una complicació excessiva.



Fig. 59. Imatge d'un parell de carpets de portafolis de grup representatives de l'assignatura ED.

Com avaluem el portafolis

Tenint en compte en què consisteix essencialment el portafolis (conjunt d'evidències i reflexions), es pot determinar quina és la forma més convenient d'avaluar-lo. Pel que fa a les evidències del treball, el professor ja les coneixerà, la gran majoria hauran estat treballades a l'aula i durant la resta de temps de dedicació a l'assignatura i ja tindran una qualificació assignada. Simplement serà qüestió de ponderar aquesta suma de qualificacions individuals. Pel que fa a la reflexió i la composició final del portafolis, s'hauran hagut de preveure sessions de classe per realitzar-les. Per exemple, en convindrà una a mitjan curs per detectar els punts forts i debils i treballar en una futura sessió la versió predefinitiva del portafolis cap a l'acabament del curs. Qualificar la composició final del portafolis serà senzill, sobretot

perquè s'haurà distribuït la rúbrica sobre com realitzar-lo des d'un bon començament (vegeu l'exemple de la Taula 28) permetent-ne fins i tot l'autoavaluació o l'avaluació creuada. El que ja no és evident, i a més és discutible fins i tot si s'ha d'avaluar, és la pròpia reflexió per part dels estudiants. De totes formes el professor haurà tingut múltiples ocasions d'explicar i anotar aquestes reflexions en els mateixos exercicis del curs i, per tant, tindrà una visió global de com ho hauran estat fent, de manera que el més senzill serà reservar per a aquesta part un percentatge assignat a voluntat que no caldrà justificar.

Quality criteria to implement and assess the			
Cooperative group portfolio			
Date: _____		Class: ____	
<ul style="list-style-type: none"> Cooperative group who is the owner of the portfolio being assessed: _____ Group who assesses (in case of self-assessment, the same group who is the portfolio's owner): _____ 			
Please, write down a number in every cell:			
P = marks (0-10);		W = criterion's weight;	T = totals = P × W
Criteria	(Assign maximum mark if:)	P	T
Reading easiness and document order		0.10	
<ul style="list-style-type: none"> Portfolio documentation can be easily read (20%) It includes a table of content (30%) It is fast to find some specific material, or it is easy to determine what it is lacking (20%) Sheets are of the same size and numbered (30%) 			
Organisation and structure		0.20	
<ul style="list-style-type: none"> More than 80% of the course activities are included (exercises, controls, application project) (10%) It contains notes and summary sheets elaborated by the group (10%) It contains meaningful printed materials from books or Internet (10%) It contains written reflection on the subject (points of view on course development and learning, things to be improved or praised, etc.) (50%) It is organized like a book: by content or by minimums (each piece of work from the activities belonging to the same content, has to be placed together) (20%) 			
Information about the teamwork sessions out of class (TWC)		0.30	
<ul style="list-style-type: none"> The first and the last sheets of the exercises (study time, workload, task distribution, statement, exercise's view) is included (50%) All group members have participated in sessions (50%) (if only a percentage X of the exercises were completed, multiply the grade by X/100)			
About the application project		0.10	
<ul style="list-style-type: none"> The application project which is written following the template hints, is included (first page, table of content, chapters 1, 2, and 3, etc.) (50%) Oral presentation slides are included (30%) A sheet explaining which slides were improved accordingly to the discussion held in class, is also included (20%) 			
About the exercises		0.10	

<ul style="list-style-type: none"> - All the exercises included were written following the quality criteria (problem's initial plan and method to be followed to reach the solution, algebraic development, numerical solution or circuit design and simulation and verification) (30%) - Some exercises included, show corrections made accordingly to the reviewer's comments (40%) - Some team member's minimum exams are included (30%) 			
	About the additional study materials (chip's technical information, class notes, experiments, simulations, etc.)	0.20	
<ul style="list-style-type: none"> - These extra materials are well organised and classified accordingly to its content and placed in the corresponding folder (20%) - Materials photocopied or printed contains authoring information and date of consulting (30%) - Some significant sheets from datasheets of electronics components were printed and included (50%) 			
Global mark (column T addition)			

Taula 28. Exemple de rúbrica per a l'(auto)avaluació d'un portafolis d'ED.

Els fulls de reflexió sobre com s'ha organitzat el material del portafolis i sobre el funcionament del curs i del grup són imprescindibles. S'ajuda els estudiants animant-los que responguin qüestions com les següents:

Reflect and write a rationale considering:

- *How have you organised the work samples in the portfolio? Can you draw a concept map which links them all together?*
- *How about the problems you have solved during the course?*
- *How about the cooperative learning approach?*
 - *Have all the team members succeeded?*
 - *Had you had cooperative learning in previous courses or at the secondary school? Was really "All for one and one for all!" in your group?*
 - *How can you compare it with the traditional methodology of individual learning based on lectures and exams?*
 - *Did you expect something like this? Was it positive or negative?*
- *How about the teacher as a facilitator and organiser of your work through the course? How you consider the feedback and revisions given about your problem solutions?*

Demanar-los que tractin de construir mapes conceptuals que lliguin conceptes i terminologia que han anat estudiant durant el curs i que han decidit incorporar al portafolis, és una bona idea perquè es vegi fins a on han arribat amb els materials i la reflexió sobre els continguts i la forma que se'ls ha proposat de cursar la matèria [137]. Per exemple, se'ls pot suggerir que eixamplin els mapes inicials elaborats per a les unitats didàctiques (secció 3.1.3.3) amb aportacions pròpies. També poden elaborar-los a partir dels coneixements mínims, tractant de fer-los créixer fins a relacionar tot el contingut del curs.

3.1.5 Avaluació del procés docent

L'últim punt del mètode sistemàtic, atenent al que s'ha exposat a la secció 2.5, consisteix en la recollida d'informació, bàsicament rendiment acadèmic i enquestes d'opinió, per procedir a la reflexió amb l'objectiu final de realitzar millores per a la propera edició del curs. En aquesta assignatura d'ED que ha servit de base de les experiències s'han recollit dades sobre:

1. Rendiment acadèmic.
2. Temps dedicat a l'estudi tant a l'aula com a fora.
3. Enquestes a mitjan quadrimestre organitzades per l'EETAC.
4. Enquesta oficial de la UPC.
5. Qüestionaris d'incidències crítiques en acabar una innovació important.
6. Enquestes de tipus SEEQ adaptades a la metodologia.

Com a resultat de la reflexió entre l'equip de professors, hem redactat informes interns de final de curs en què es tenen en compte els punts conflictius detectats i es plantegen solucions per al proper curs. Aquesta mena d'informes ens ha permès participar en la preparació dels plans pilot d'adaptació a l'EEES impulsats per la direcció de l'escola i anar consolidant la metodologia. Les respostes dels estudiants i els comentaris dels professors participants, així com les indicacions de la direcció de l'escola en confeccionar la guia docent de l'assignatura, han permès ajustar la majoria dels indicadors de la planificació i proposar innovacions per provar en quadrimestres successius [137].

Electrònica Digital (ED)

Informe de valoració i anàlisi del pla de millora plantejat el 04-05-Q1

1.- En quina mesura s'han pogut realitzar les millores identificades?

- Més mapes conceptuals per les unitats didàctiques i adequació d'objectius a cada unitat. Efectivament, s'han realitzat ja els mapes conceptuals per iniciar les 28 unitats didàctiques del curs que representen les hores lectives amb presència del professor.
- Més mapes conceptuals traduïts a l'anglès. Hem traduït a l'anglès un parell de mapes conceptuals més dels que ja hi havia, a més de proposar diversos enunciats d'exercicis i controls directament en anglès.
- Augmentar el nombre de grups-classe que realitzen el seguiment del temps de dedicació. Ja són tots els grups d'ED els que realitzen el control del temps d'estudi a través del lliurament setmanal dels fulls del pla de treball. La informació s'introdueix de manera manual en un full de càlcul per representar gràficament l'evolució de cada grup cooperatiu, cosa que permet la intervenció del professor sobre la forma d'estudiar dels grups des de les primeres setmanes.
- Adopció d'un llibre de la bibliografia en anglès. S'ha adoptat com a llibre de la bibliografia bàsica *Fundamentals of Logic Design* de Charles H. Roth, 5th ed. Thomson, 2004.
- Anàlisi de webs amb continguts interessants. S'han afegit a la pàgina web de l'assignatura les referències a les entrades de circuits digitals de Wikipedia i altres amb contingut relacionat amb l'assignatura (Educypedia; All About Circuits, Volume IV: Digital; etc.)
- Aplicació sistemàtica del programari Proteus de simulació de circuits digitals a les unitats didàctiques i a la realització de pràcticament tots els circuits dissenyats a l'assignatura. Molts dels exercicis que es proposen s'han replantejat per incloure la verificació final del disseny a través del programari Proteus, que funciona perfectament en l'entorn docent mitjançant una interfície que no requereix pràcticament hores de tutoria addicionals. La utilització del programa millora substancialment la comprensió de l'assignatura.
- Preparació d'activitats (projecte d'aplicació) conjuntes amb l'assignatura LP. Aquest apartat encara no s'ha completat. De moment, a l'ED s'han incorporat exercicis relacionats amb el disseny de la *màquina senzilla*, un petit microprocessador del qual es va decidir impulsar l'estudi conjunt amb l'assignatura LP.
- Inclusió del xat a la web d'ED per a assistència en horari de consultes. Encara no s'ha implementat. Continuem funcionant amb les hores d'atenció convencionals.
- Més treballs penjats a la web realitzats pels estudiants. Es penjen a la web de l'assignatura els treballs dels

estudiants que són representatius i tenen certa qualitat perquè siguin un exemple a seguir.

- Millor definició dels enunciats dels projectes d'aplicació. S'han descartat els projectes de poc interès o el disseny dels quals no s'adequa als continguts bàsics de l'assignatura. Els que resten, s'ha procurat que representin un estímul per a l'estudi, és a dir, que es puguin dissenyar a partir dels continguts de l'assignatura com si es tractés d'un exercici més. D'aquesta manera s'aconsegueix justificar encara una mica més la matèria que s'explica.

2.- En quina mesura ha canviat la percepció de l'assignatura per part dels alumnes, en relació al que es va exposar a l'informe de millora?

En general ja no observem que l'assignatura representi un problema per als estudiants. Ara ja tenen assumit el mode de funcionament, i valoren positivament el treball en grup cooperatiu i l'aprenentatge continu a través d'exercicis setmanals i controls individuals de mínims.

3.- En quina mesura ha canviat la percepció de l'assignatura per part dels professors?

Els professors valorem positivament l'estratègia docent emprada. Uns perquè han participat des del començament en aquesta iniciativa i perquè a més s'ha pogut compartir l'experiència a altres docents interessats en l'adaptació a l'EEES a través d'articles, cursos i conferències. I altres perquè s'hi han incorporat més tard, durant el quadrimestre de primavera (04-05-Q2) i s'han trobat l'assignatura totalment estructurada i preparada i no els ha resultat difícil avesar-se a la nova mecànica. Tal com s'havia indicat, l'assignatura també ha propiciat el treball en grup dels professors que la imparteixen i n'ha facilitat la coordinació.

Coordinador d'Electrònica Digital

Taula 29. Exemple d'informe d'avaluació del procés docent (curs 05-06 QT).

3.2 La pàgina web de l'assignatura i la comunicació amb els estudiants

Hem de començar descrivint una eina comuna que hem posat en funcionament en totes les experiències que s'han dut a terme a les assignatures. Ha esdevingut el complement imprescindible per desplegar el mètode docent proposat en aquest treball. Bàsicament, ens permet programar el curs i vehicular la informació i el diàleg amb els estudiants d'una forma més eficient que la que s'aconsegueix amb la intranet del campus virtual Atenea.

A conseqüència del volum d'informació que han de llegir i estructurar els estudiants durant el curs, es fa indispensable disposar d'un lloc comú web en què es trobin arxivats tots els recursos d'aprenentatge del curs. Han de poder-los consultar tant a l'aula com a fora, a la biblioteca o des de qualsevol altre lloc. Per construir aquest repositori de materials hem comptat amb aquestes alternatives:

- a) La intranet del campus digital de l'EETAC basada en Moodle.
- b) Una web docent oberta feta a mida pels professors de l'assignatura a mode de portafolis.

L'opció que es va escollir des d'un començament, potser perquè fa uns anys la intranet UPC era molt més limitada que en l'actualitat, fou construir una pàgina web a mida de l'àrea de Sistemes Digitals [138]. Aquesta pàgina ha estat senzilla de programar i s'ha construït amb programari comercial llicenciat a la universitat (*Front Page* en les versions inicials i *Microsoft Expression Web* en les darreres). Per al professor, dur la web docent representa preparar documents a nivell de processador de textos enriquits, generalment amb imatges, taules i hiperenllaços. A diferència de la dècada anterior, en les beceroles d'Internet, en què calia tenir un coneixement avançat del llenguatge *html*, obrir i mantenir una web senzilla implica actualment un coneixement elemental de les TIC que creiem que és a l'abast de tothom.

Les webs d'assignatura, pel que hem vist fins ara, no han tingut l'èxit esperat dins la UPC i concretament a la nostra escola EETAC. Creiem que per un parell de raons: 1) La proposta que han fet els serveis tècnics per elaborar projectes de webs d'assignatura és massa complicada i implica per exemple aprendre a programar directament en llenguatge *html*, no s'ha potenciat un programa de desenvolupament que permeti dissenyar webs amb facilitat. 2) Les prestacions del campus digital ja han estat valorades com a suficients per molts professors per a desplegar el suport necessari als estudiants. Tot i així, l'ICE ha ofert algun curs específic sobre les web de suport a la docència [139].

La nostra experiència treballant força anys amb la web més que no pas amb el campus digital ens mostra que la web de l'assignatura presenta avantatges i facilitats per organitzar l'assignatura i mostrar la feina que s'està fent de forma oberta al món. La web d'assignatura esdevé, en realitat, el portafolis de l'assignatura. I pel que fa a la informació que no és de caire personal, complementa perfectament el campus virtual.

És clar que si aconseguim fer un model de web estàndard seguint l'estil recomanat a l'EETAC que sigui fàcil de programar i mantenir, i sobretot que incorpori eines per facilitar la comunicació amb els estudiants (xat, Skype, etc.), serà més fàcil de presentar i convèncer altres professors perquè desenvolupin webs també a les seves assignatures com a alternativa o complement al campus digital Atenea.

En fer visible la docència [140], els estudiants o qualsevol altre usuari d'Internet tenen a disposició immediatament tots els continguts del curs, juntament amb l'agenda del dia a dia. Això els permet una gran independència a l'hora d'estudiar i augmenta enormement la seva responsabilitat a l'hora de gestionar la informació. Una vegada s'han descobert els avantatges de tota mena que presenta la innovació del disseny d'una web docent per dur a terme les activitats acadèmiques, ja no hi ha volta enrere. Així mateix, per als professors implicats a la mateixa assignatura resulta una eina imprescindible de coordinació: tothom veu la feina de tothom i com es desenvolupa cada grup-classe.

Les enquestes que es realitzen durant el curs (vegeu la Fig. 60 i la secció 4.4), mostren que la web docent és una eina valorada especialment per part dels estudiants, que fan força comentaris sobre ella en les preguntes obertes. Atenent a les opinions que s'han anat rebent, s'ha pogut millorar per facilitar-ne la navegació i la cerca del documents ([192] i [193]). De totes formes, en ser una web oberta, al mateix nivell que la pàgina d'un diari, d'entreteniment o de qualsevol empresa comercial, a vegades els estudiants creuen que ha de ser igual de divertida o que s'hi hagi de navegar per distreure's, quan en realitat es tracta d'una eina d'estudi i treball, talment com la web d'una empresa d'enginyeria.

Hem de discutir amb més detall l'elecció d'una web en obert en lloc de la intranet Atenea que la universitat posa a disposició per vehicular el treball docent. Abans de procedir a la posada en marxa de la web, la intranet era el recurs a través del qual se subministrava tot el material per a l'estudi. El problema principal era que només els estudiants matriculats podien accedir-hi, de forma que cada quadrimestre, tot i el procediment d'importació de cursos, s'havia d'arrencar un curs des de zero

recarregant i renovant els enllaços a documents. Tot plegat era poc pràctic, i més tenint en compte que es tractava d'una web de grandària considerable. D'altra banda, la majoria de materials són d'ús general i van molt més enllà dels límits de l'assignatura. És perfectament plausible i recomanable que els estudiants de cursos més avançats o de treballs de fi de carrera puguin reprendre i consultar els apunts d'ED, per exemple, per recordar o refrescar els coneixements de base. Enllaçar documents d'altres matèries cursades amb anterioritat reforça la coordinació vertical d'assignatures. En realitat, ens hem acostumat a la visibilitat del nostre treball a la xarxa, fins i tot hem generat una llicència oberta del tipus *Creative Commons* i *Open Content* per a tot el contingut de la web. Ens plau que, per exemple, professors de la nostra universitat o de qualsevol altra universitat del món es posin en contacte amb nosaltres per comentar les nostres activitats; que alumnes d'altres universitats puguin trobar útils els nostres apunts, exercicis o projectes proposats; que els estudiants de secundària amb interès per l'enginyeria puguin examinar amb detall el contingut real dia a dia d'una assignatura de grau. Resumint, si es disposa d'una web docent l'assignatura deixa de ser quelcom estàtic, ocult en un llibre o en una carpeta al despatx del professor i esdevé un aparador que evoluciona i mostra el mode i el nivell en el qual estan treballant tant els estudiants com els professors. Una bona referència a aquest concepte de visibilitat de la docència l'ofereix Bernstein en el llibre *Making teaching and learning visible: course portfolios and the peer review of teaching* [140].

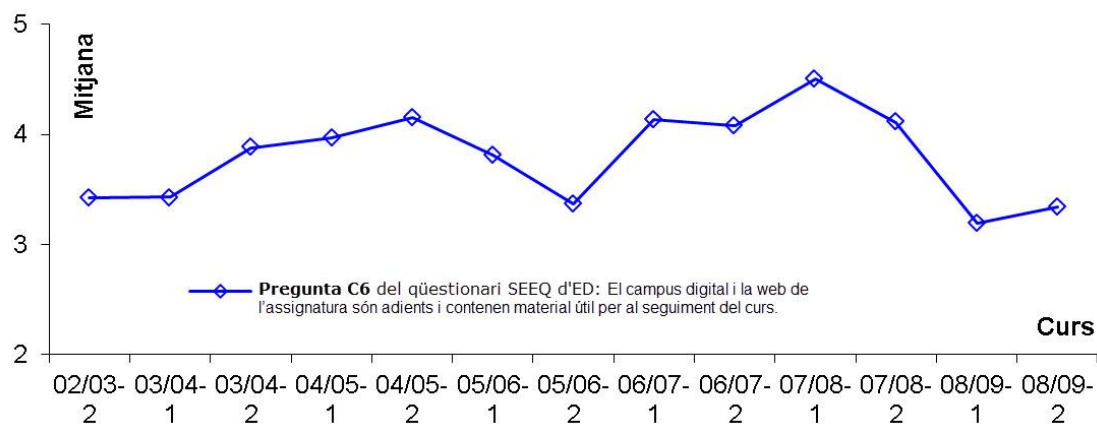


Fig. 60. Evolució de les respostes a la pregunta C6 del qüestionari SEEQ que fa referència a l'acceptació de la web docent.

La Fig. 61 mostra una de les primeres versions de la web d'ED. La pàgina enllaçava els objectius d'aprenentatge, la informació general disponible a la web de l'escola, la intranet, on els estudiants podien trobar el seu rendiment, i altres enllaços cap als apartats que donaven accés al seguiment de l'assignatura.

La web s'ha anat millorant i ampliant successivament en funció de nous usos i atenent a les valoracions recollides en les enquestes dels estudiants. Durant els primers anys, va ser una web 1.0 en la qual la comunicació era unidireccional, bàsicament un repositori de materials en format de pàgines simples *html*. Aquesta primera versió va arribar a tenir 988 carpetes, 5894 fitxers i un volum de 615 MBytes. A través del suport d'un projecte de millora docent UPC [192] vam plantejar la

implementació d'una segona versió que ens permetés créixer ordenadament per facilitar l'edició, la navegació i la localització de la informació.



Fig. 61. Una de les primeres versions de la pàgina d'entrada a l'assignatura ED.

Val a dir que en no ser programadors, sinó usuaris de les TIC, el nostre objectiu no és pas muntar una web professional sinó més aviat recurs fàcil de mantenir i emprar per anar-hi emmagatzemant informació. Hem dut a terme el que s'anomena *portafolis d'assignatura* que implica tota una sèrie d'avantatges:

- L'impacte per als estudiants és molt gran, més que res perquè tenen accés instantani a tot el curs i als anteriors i al conjunt de materials i enllaços elaborats pels professors. Es facilita molt l'estudi de l'assignatura i precisament aquesta de la web ha estat una de les accions que més han valorat en les enquestes tipus SEEQ que passem.
- També facilita la presentació de la nostra escola i universitat als estudiants de secundària, tal com hem pogut verificar en les sessions que fem als instituts. Podem mostrar-los directament quin tipus de projectes dissenyem a la nostra àrea de coneixement i, pel seu compte poden cercar més informació per saber què aprendran si es matriculen als nostres estudis.
- També per facilitar el contacte amb possibles estudiants estrangers. Gràcies a la web ens hem fet visibles i hem rebut sol·licituds per estades Erasmus, per venir a fer treballs de fi de carrera o estudis de postgrau en la nostra àrea temàtica.
- Així mateix, hem fet força presentacions de la nostra web (i de les altres iniciatives docents orientades a l'adaptació a l'EEES) en congressos, seminaris i jornades sobre docència amb força èxit. Els professors s'han interessat notablement per les nostres activitats i els hem facilitat l'enllaç a les nostres webs. En els cursos de formació del professorat és habitual mostrar la web de l'assignatura com una eina d'entrada a l'adaptació a l'EEES, el lloc on els col·legues poden trobar exemples i repertori de materials.
- Exceptuant la privacitat acadèmica entre professors i alumnes vehiculada amb la intranet pròpia de l'escola (NetÀrea), la resta de l'assignatura ve explicitada a través d'aquesta web docent, tot i que cal anar veient com evoluciona l'Atenea per assegurar la complementarietat d'ambdós entorns en tot moment.
- Disposem d'un bloc a través del qual es poden realitzar consultes sobre la matèria (web 2.0) que altres estudiants o els professors poden contestar.

A la Fig. 62 podem veure la pàgina de benvinguda actual per accedir a les assignatures i a tots els recursos disponibles a través d'una navegació per índexs.

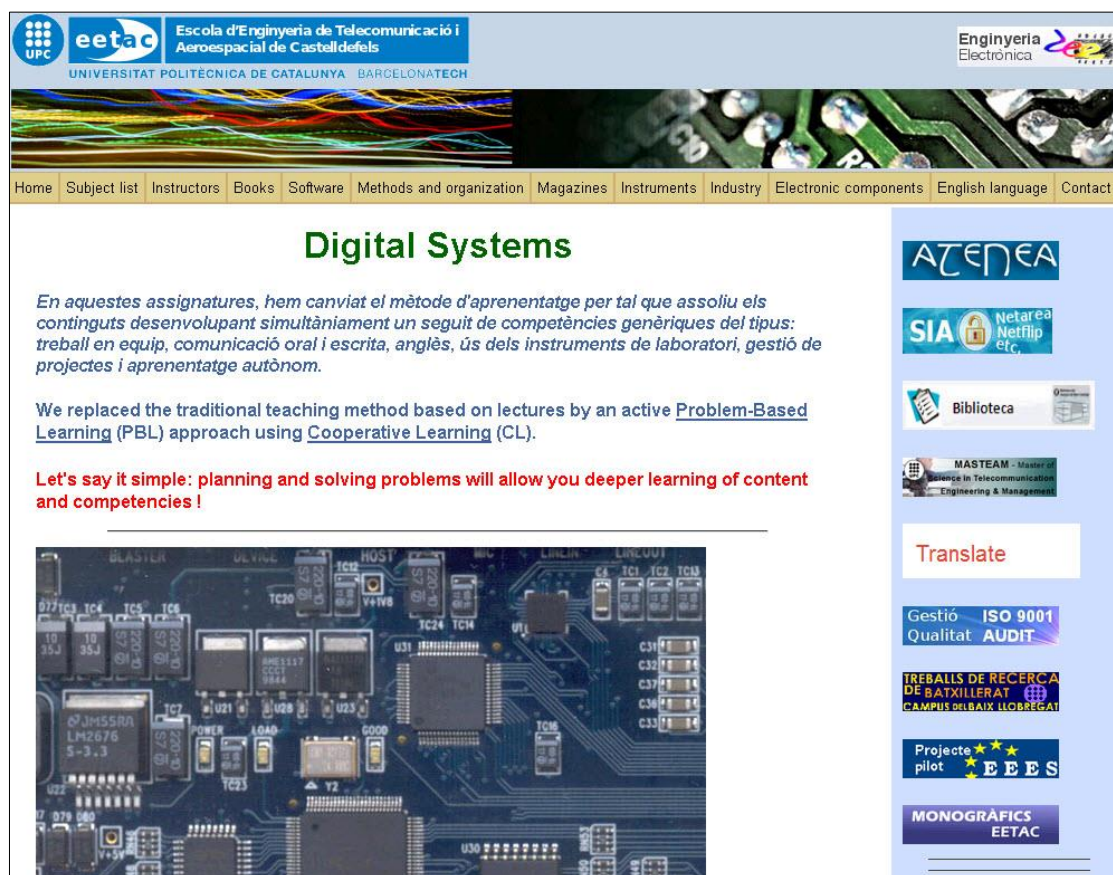


Fig. 62. Versió actual de la pàgina principal de la web de l'àrea de Sistemes Digitals.

Finalment, cal mencionar que a través d'un altre projecte de millora docent [193], hem procedit a la presentació de la web en anglès com un element més per consolidar aquesta competència genèrica (vegeu la secció 4.5.3), pensant ja amb les assignatures del pla d'estudis de grau.

La web, a través de menús desplegable permet accedir a la totalitat dels recursos: assignatures, cursos, portafolis d'aprenentatge dels estudiants, dades dels professors de cara a la tutoria, detalls de l'organització de l'assignatura i enllaços a revistes, llibres, instrumentació, components electrònics i programari de disseny CAD.

Una web d'aquesta mena ajuda considerablement a reforçar la idea subjacent rere el PBL que més que en una assignatura convencional, s'està davant d'una petita empresa en què cada secció té la seva organització i visibilitat, i hom entén que cal esmerçar-se a fer els treballs correctament perquè seran accessibles a tothom.

3.3 Com arrencar la metodologia docent en una assignatura amb diversos grups i professors

L'experiència assolida a l'assignatura ED serveix també per atrevir-nos a suggerir com s'ha de procedir quan hom desitja substituir totalment una determinada metodologia docent en una assignatura troncal amb força estudiants i professors. En aquestes assignatures grans es genera una dinàmica conservadora que inhibeix i intimida els

professors que tenen interès a dur a terme innovació docent. La incertesa dels resultats retrau l'experimentació, potser perquè afectarien a molts estudiants.

D'altra banda, molts professors joves assisteixen a cursos d'innovació i millora de la qualitat docent, però en no ser els coordinadors de les seves matèries no volen o no poden experimentar directament perquè els ho prohibeixen o perquè no s'atreveixen a fer-ho en no tenir la certesa de l'èxit o en no saber per on començar. Molts professors expliquen que no els agrada com ho estan fent ni els resultats acadèmics i que estarien disposats a introduir alguns canvis si tinguessin indicacions de com podien dur-los a terme.

Intentarem mostrar en aquesta secció com es pot procedir per assegurar l'èxit si partim de l'objectiu de transformar l'assignatura per centrar-la en l'aprenentatge de l'estudiant tant de coneixements com de competències genèriques.

Suposem una assignatura típica gran de caire tecnològic amb diversos grups-classe de més de 40 estudiants cadascun, grups de matí i tarda, amb diversos professors, alguns especialitzats a impartir la teoria i altres, les classes de laboratori. L'objectiu és adaptar l'assignatura progressivament a les directrius de l'EEES tal com les hem presentat en aquest treball.

1. És bàsic que un professor tingui interès a dedicar almenys un parell d'anys en la reorganització de la docència de la matèria. Aquest professor ha de tenir força experiència docent i, si a més es tracta del coordinador, millor. Un departament pot perfectament canviar el coordinador de la matèria a l'efecte que es dugui a terme un pla com aquest.
2. Cal notificar a l'escola que es durà a terme el pla i s'han de reorganitzar els grups-classe per deixar-los en 40 estudiants, subdividits en un parell de grups de 20 per a les sessions de laboratori o de problemes. Així que si no és possible reconvertir tota l'assignatura, cal fer-ho en algun grup-classe on hi hagi aquest nombre d'estudiants o cal assignar més professors a la docència. Hem d'entendre que saber què saben els estudiants no és una tasca fàcil, i amb més de 40 estudiants per grup encara menys.
3. Així doncs, tothom ha d'estar d'acord que el grup pilot anirà a banda dels altres amb la seva pròpia dinàmica i mètodes d'avaluació. En començar el curs cal avisar els estudiants que es durà a terme aquesta experiència i donar-los l'oportunitat de canviar de grup si no estan d'acord en l'experiment que se'ls proposa.
4. Les classes d'aquest grup pilot es distribuïran en diversos dies durant la setmana, així el professor tindrà més oportunitats d'observar com es desenvolupa l'experiència i redreçar situacions complicades tan aviat com es detectin. Aquesta distribució horària afavorirà que el professor retorni treballs corregits amb rapidesa i els estudiants puguin millorar els rendiment.
5. El professor que lidera el projecte ha de posar-se a organitzar el procés un parell de mesos abans, començant per reformatar el contingut de la matèria reescriuint els objectius d'aprenentatge de forma que integren coneixements i habilitats genèriques. Aquest serà l'únic docent que tindran els estudiants d'aquest grup, el que els farà tota la matèria. Aquesta deixarà d'impartir-se

subdividida en teoria, problemes i pràctiques i passarà a tractar-se com un tot integral. En aquest sentit, s'escau aplicar la majoria d'idees exposades en la secció 2.2.3 sobre l'aprenentatge basat en problemes o projectes. En ser la primera vegada que es realitza el pla pilot, és més indicat transformar la matèria per treballar problemes molt més propers al material de què es disposa que no projectes que no començaran a visualitzar-se fins més endavant, si és que realment es pretén.

6. L'assignatura s'organitzarà en grups cooperatius, així que el professor se centrarà en l'evolució de 12 o 13 grups de 3 estudiants més que en les 40 individualitats. Al grups se'ls proposarà resoldre problemes gran part del temps d'estudi, els quals hauran estat reelaborats pel professor per permetre l'autoaprenentatge amb l'ús de tècniques com el puzzle a l'aula i altres estratègies de treball cooperatiu. Se'ls facilitaran les notes de classe de tot el curs perquè les usin convenientment per intentar aclarir els conceptes teòrics amb tanta autonomia com sigui possible. Caldrà triar pocs problemes, els quals s'especificaran, es plantejaran, es resoldran, se simularan i es muntaran en prototips sempre que sigui possible.
7. L'estudiant s'avaluarà en funció de la qualitat del treball que realitzi, més que no pas del resultat final. És el procés el que té importància. Els mètodes d'avaluació formativa i sumatòria continuada proposats en aquesta tesi són els adequats. En les proves d'avaluació tindrà accés als seus apunts i notes de classe.
8. El coordinador durà en tot moment el registre i el control de les innovacions que es van planificant (vegeu la Fig. 32) i organitzarà seminaris entre el col·lectiu de professors per discutir com han acabat les experiències i què cal fer per millorar. En el fons estem parlant de revaloritzar la tasca docent i mantenir una cultura al seu voltant que impliqui la disseminació de resultats i el col·loqui entre professionals. Serà necessari muntar un espai virtual de col·laboració i discussió de tipus bloc, que també estarà a l'abast dels estudiants. El *feedback* que aquests puguin aportar és fonamental per realitzar l'anàlisi del funcionament del curs i rellançar el proper quadrimestre amb les millores pactades.
9. Una vegada superada l'experiència amb el grup pilot, si s'accepten els resultats, es procedirà sense més dilacions a la implantació del sistema a la resta de grups el quadrimestre següent. Els professors ja no hauran de començar de zero, sinó que usaran els materials que els ha facilitat el coordinador i en seguiran detalladament les indicacions.
10. A partir d'aquesta primera implementació generalitzada, el segon any es procedeix a focalitzar les innovacions en petits detalls de la nova metodologia: ajustar el nombre de controls, la càrrega de treball, les unitats per explicar els conceptes generals, revisar els objectius, etc. És a dir, s'invertirà el temps necessari, no sols per part del coordinador, en l'ajust de la matèria i cadascuna de les seves parts per comprovar que l'assignatura es manté en un nivell de docència del tipus 3 (vegeu la secció 1.2.3).

3.4 Experiències realitzades en altres assignatures de l'àrea

En aquesta secció s'examinaran experiències addicionals realitzades en altres assignatures de l'àrea, tot i que sols es presentarà el que sigui d'interès per complementar el que s'ha estudiat en detall a les primeres seccions referides a l'assignatura ED (Taula 30). La idea de fons és mostrar com la metodologia sistemàtica desenvolupada en aquesta tesi per a l'assignatura ED no és una particularitat, sinó que s'adapta perfectament a altres assignatures de l'àrea de tecnologia electrònica, i per extensió a diferents àrees de coneixement, especialment les enginyeries.

Assignatura	Tasques principals realitzades en el context del mètode sistemàtic: A: Objectius d'aprenentatge, B: Activitats i temps d'estudi, C: Metodologia activa, D: Avaluació de l'aprenentatge i E: Avaluació del procés.	Secció
1r curs: CiC (1A) troncal Pla pilot d'un parell de quadrimestres	A: Redacció dels objectius d'aprenentatge a partir del temari convencional	3.4.1.1
	B: Exercicis i projecte d'aplicació en mode PBL. Ús de simuladors i laboratoris virtuals.	3.4.1.2
2n curs: SED (2B) troncal	B: Exemples de problemes PBL amb connexió vertical amb l'assignatura prèvia ED.	3.4.2.2
	D: Portafolis electrònic amb processador de textos i format PDF.	3.4.2.3
2n curs: CSD (2A), troncal, nous estudis de grau	D: Versió web del portafolis electrònic (ePortfolio). <i>Feedback</i> d'exercicis i autocorrecció.	3.4.3.1
	B: Elaboració de continguts en espiral i ús d'eines EDA de diferents fabricants.	3.4.3.2
	D: Avaluació continuada i controls de coneixements bàsics.	3.4.3.3
LGI, LGII (3A) optatives	C: Competències genèriques i treball en grup per a la tutoria acadèmica d'estudiants. D: El portafolis dels estudis (la carpeta de competències de l'EETAC).	3.4.4

Taula 30. Experiències docents més destacables dutes a terme en diverses assignatures diferents d'ED.

3.4.1 Assignatura CiC de primer curs

Aquesta prova pilot es presenta com una iniciativa personal amb l'objectiu d'aconseguir millorar el rendiment acadèmic de l'assignatura Components i Circuits (CiC) cursada per estudiants que acaben d'entrar a la nostra escola (tot i que també hi haurà força repetidors), i per demostrar l'efectivitat de la metodologia de treball cooperatiu i el PBL per a estudiants de l'1A (vegeu a la Taula 8 la disposició d'aquesta matèria en el pla d'estudis). La idea sorgeix l'estiu del 2007, després d'haver participat en la impartició de l'assignatura com a conseqüència de la substitució d'un professor durant un quadrimestre complet. Concretament es va realitzar la docència d'un subgrup de laboratori (1A31) i la teoria del grup 1AT4 durant el curs 06-07 Q2. L'experiència va quedar reflectida en aquest enllaç³² i va resultar molt productiva i interessant, sobretot perquè es va fer treballar els estudiants de laboratori des d'una

³² http://digsys.upc.es/sed/CiC/CiC_1AT31/CiCterms_1AT31.html

perspectiva orientada al problema, exigint resultats setmanals seguint uns criteris de qualitat establerts sense avisar-los. La resposta dels estudiants davant del repte no va ser del tot satisfactòria. Aproximadament el 50% van acabar aprovant el laboratori, i el més sorprenent és que van ser precisament els mateixos que més tard van superar també els exàmens comuns establerts de teoria. Aquí se'm va fer evident que els estudiants estan pendents contínuament, tot i estar en classes de laboratori, de quin contingut entra o no als exàmens de teoria. És a dir, la forma d'avaluar determina fortament el comportament i l'hàbit d'estudi durant tot el quadrimestre, com tots sabem (secció 2.4). Encara que en les sessions de laboratori s'hagi previst uns altres objectius, no els interessen i sols els consideraran superficialment o estratègicament, intentant fer la feina mínima per aprovar. Una vegada més vàrem comprovar com la separació clàssica de teoria i pràctiques no és adequada i que, entre molts altres problemes, representa una ineficiència en l'ús dels recursos i el temps d'estudi. Així, encara que a les pràctiques s'intenti aïlladament dur a terme experiències d'aprenentatge actiu, no s'obtindrà tot el rendiment desitjat.

D'altra banda, altres professors també havien realitzat experiències particulars a l'assignatura CiC. Per exemple, a [141] i [142] s'exposen els resultats de l'ús de carpetes de laboratori i de l'avaluació continuada en el marc de l'estructura convencional de l'assignatura. No obstant, en aquesta tesi s'ha presentat bàsicament el portafolis de l'estudiantat com una eina que engloba el desplegament de la metodologia sistemàtica d'instrucció, no pas com una eina que es pugui introduir fàcilment en el context d'una assignatura clàssica, tot i que una de les opcions per descobrir-lo és que els professors de laboratori usin el concepte de portafolis per recollir els estudis i els treballs de pràctiques intentant que els estudiants reflexionin sobre les tasques realitzades si més no en aquesta secció de l'assignatura.

Generalment, aquesta matèria ha tingut un rendiment molt baix a l'escola, així que esdevé una de les assignatures ideals per experimentar amb les metodologies descrites en aquesta tesi. Semblantment a l'ED, per poder reeixir a CiC en la millora del rendiment i el desplegament de competències genèriques, ha estat necessari sortir de l'estructura clàssica de teoria i laboratori amb avaluació estàndard encara que aquesta sigui continuada. S'ha volgut aprofundir més prenent dur a terme l'experiència completa, assumint tot un grup pilot de classe, tant les hores de teoria com de pràctica i sense exàmens parcials i finals comuns als altres grups. És a dir, amb el vistiplau de la secció departamental, s'intenta adaptar la metodologia sistemàtica basada en la resolució de problemes i treball cooperatiu que funciona fa anys a l'assignatura ED de l'1B als estudiants de CiC de l'1A mitjançant un grup pilot. En acabar, l'experiència es documenta i s'explica als professors de l'àrea. I en el seu moment ja es determinarà si convé repetir-la una vegada més amb estudiants acabats d'entrar durant el quadrimestre de tardor del curs 08-09.

En aquest pilot, com mostra la Fig. 63, l'assignatura s'imparteix sempre des d'una perspectiva pràctica a través d'una metodologia d'aprenentatge cooperatiu orientada a la resolució continuada de problemes (PBL) amb l'objectiu d'afavorir, al mateix temps que s'assoleix la matèria, la pràctica d'habilitats transversals entre els alumnes. A més del conjunt d'exercicis que hauran de resoldre seguint uns criteris de qualitat establerts, cada grup desenvoluparà un projecte amb muntatge en què es

vegi alguna aplicació concreta de l'electrònica analògica. Serà necessari documentar-lo a través d'una memòria i realitzar-ne una presentació oral. A més, finalment, els grups cooperatius classificaran el treball realitzat per muntar la carpeta del curs o portafolis, en la qual s'afegiran reflexions i opinions sobre l'aprenentatge assolit. Aquesta carpeta constituirà una evidència del treball realitzat i podrà formar part de la iniciativa en marxa "Carpeta de Competències de l'estudiant de l'EETAC" (vegeu la secció 3.4.4).

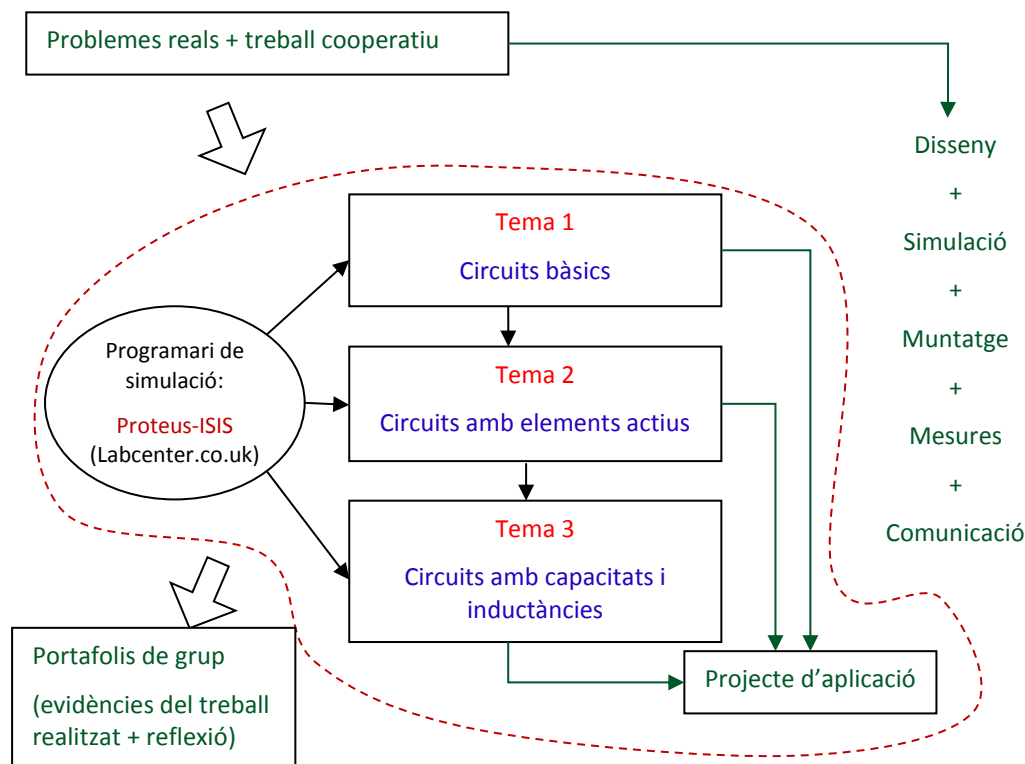


Fig. 63. Marc de conceptes i activitats desenvolupades en el pilot de CiC.

3.4.1.1 Redacció d'objectius a partir del temari convencional

El temari clàssic d'una assignatura d'introducció als circuits analògics inclou els continguts llistats a la Taula 31 i es pot impartir d'innombrables maneres. Essencialment, la finalitat de l'assignatura Components i Circuits és introduir l'estudiant en el coneixement dels components electrònics bàsics (resistències, inductàncies, condensadors, transformadors, amplificadors operacionals) i les lleis que governen els circuits electrònics elementals constituïts a partir de la interconnexió d'aquests dispositius. Així com també en la utilització correcta dels simuladors de circuits electrònics i els instruments típics del laboratori d'electrònica (multímetre, fonts d'alimentació, generadors de funcions i oscil·loscopi). Bàsicament, l'estudi se centrarà en circuits lineals (actius i passius) i de primer ordre.

A partir d'aquest temari, pretenem assolir un aprenentatge integral (teoria, simulació, pràctiques i mesures de laboratori) i orientat a l'anàlisi i disseny de circuits i aplicacions reals senzilles (carregadors de bateries, amplificadors d'alta fidelitat, temporitzadors, etc). A més es pretén iniciar l'estudiant en el conjunt de

competències professionals exigibles als enginyers (comunicació oral i escrita, treball en equip, treball per projectes i aprenentatge autònom). Per això ens cal detallar el conjunt d'objectius específics i genèrics mostrats a la Taula 32.

TEMA 1: COMPONENTS I MAGNITUDS ELÈCTRIQUES

Magnituds elèctriques bàsiques. Potència i energia. Components, circuits i senyals. Conductors i interruptors. Fonts d'energia independents. Lleis de Kirchhoff. L'impacte ambiental dels residus electrònics.

TEMA 2: CIRCUITS RESISTIUS LINEALS AMB FONTS INDEPENDENTS I DEPENDENTS. L'AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Llei d'Ohm. Concepte de circuit equivalent. Associació de resistències en sèrie i en paral·lel. Divisor de tensió i de corrent. Mètodes sistemàtics d'anàlisi de circuits per nusos i malles. Conceptes de linealitat i superposició. Mètodes empírics: principi de superposició, circuits equivalents Thévenin i Norton. Transferència de senyal. Concepte de font dependent lineal i tipus. Anàlisi de circuits amb fonts dependents pels mètodes empírics i sistemàtics. Fonaments bàsics d'amplificadors. L'amplificador operacional (AO) ideal. Circuits lineals bàsics amb AO. Circuits no lineals bàsics amb AO.

TEMA 3: CIRCUITS DE PRIMER ORDRE RC I RL

El condensador, equació, energia emmagatzemada i associació de capacitats. Anàlisi de circuits RC. La bobina, equació, energia emmagatzemada i associació d'inductors. Anàlisi de circuits RL. El transformador i el seu model ideal. Anàlisi de circuits amb transformador.

Taula 31. Temari de l'assignatura CiC.

Objectius específics de CiC:

En acabar l'assignatura, els estudiants han de ser capaços de:

- 1) Identificar les magnituds elèctriques amb les unitats corresponents: voltatge, càrrega, corrent, potència, energia, freqüència, etc. Identificar els components passius d'un circuit elèctric bàsic i els principis bàsics en què es fonamenten (resistències, capacitats, inductàncies i transformadors).
- 2) Identificar i modelitzar els altres elements bàsics dels circuits electrònics: fonts de tensió i corrent, interruptors, commutadors, connectors, etc.
- 3) Definir la llei d'Ohm i les lleis de Kirchhoff i simplificar circuits (reduir el nombre de malles i nusos) amb tècniques bàsiques (associació en sèrie i el paral·lel, transformació de fonts Norton-Thévenin, conceptes de divisors de tensió corrent i mobilitat de generadors).
- 4) Utilitzar el laboratori virtual Proteus-VSM (basat en SPICE) per simular els circuits dissenyats i analitzar-ne el comportament abans de la realització de targetes prototip de laboratori.
- 5) Utilitzar el laboratori d'electrònica per realitzar prototips (amb *board* o targetes de circuit imprès, fonts d'alimentació i generadors de funcions) dels circuits electrònics dissenyats, així com caracteritzar-los a través de les mesures obtingudes amb els instruments típics (oscil·loscopi, generador de funcions, multímetre, freqüencímetre).
- 6) Analitzar circuits resistius lineals amb fonts independents i controlades (a partir dels models lineals dels components semiconductors) usant mètodes sistemàtics (nusos i malles).
- 7) Identificar els dispositius semiconductors d'un circuit electrònic bàsic, els seus símbols i els principis en què es basen, així com usar els seus models lineals equivalents.
- 8) Analitzar circuits lineals i no lineals bàsics amb amplificadors operacionals.
- 9) Analitzar circuits lineals amb elements emmagatzemadors d'energia de primer ordre en el domini temporal.
- 10) Recopilar informació sobre l'impacte ambiental de l'electrònica i fer-ne un resum dels aspectes més importants.
- 11) Llegir i interpretar els fulls de característiques (*datasheets*) de components electrònics propis de l'assignatura (normalment en anglès) i cercar materials per a l'estudi relacionats amb els circuits electrònics analògics a la biblioteca i a través d'Internet.

Objectius genèrics de CiC

En acabar l'assignatura els estudiants han de ser capaços de:

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Adquirir informació autònomament, saber-la explicar als companys i assegurar-se que l'han après bé. 2) Iniciar-se en el treball en equip cooperatiu per desenvolupar problemes i planificar les activitats i l'estudi comptant el temps de dedicació i l'aprofitament. 3) Iniciar-se en la redacció de memòries per documentar el treball de l'assignatura seguint criteris de qualitat: format de la plantilla, faltes ortogràfiques i gramaticals, esquemes, diagrames i figures descriptives, índex i referències bibliogràfiques, etc. 4) Estructurar, redactar i presentar oralment en públic un projecte d'aplicació de circuits i components electrònics. 5) Muntar un portafolis de curs del grup cooperatiu per classificar i presentar una mostra dels millors materials elaborats. Però sobretot, per reflexionar sobre l'aprenentatge i adquirir habilitats de crítica i d'autoavaluació del treball propi a partir d'unes directrius definides. |
|---|

Taula 32. Els objectius d'aprenentatge proposats per al grup pilot de CiC.

3.4.1.2 Exercicis i projecte d'aplicació

Uns objectius, els exposats, que ens donen joc per adaptar els exercicis típics de caire acadèmic i reconvertir-los en propostes de circuits reals, en muntatges de petits *kits* com els que es troben al comerç, que de ben segur motivaran a l'estudi. A tall d'exemple, és possible:

- Introduir els conceptes bàsics d'electricitat a través del problema del disseny de la instal·lació de casa seva o d'un local comercial.
- Revisar circuits senzills amb resistències, dissenyar petits instruments analògics basats en galvanòmetres d'agulla.
- Introduir els circuits actius i els senyals dissenyant un preamplificador estèreo amb AO, transistors i una font d'alimentació.
- Presentar els conceptes de corrent continu, altern, rectificació i regulació provant de dissenyar un carregador de bateries AA/AAA.
- Aplicar els circuits de primer ordre completant el carregador de bateries anterior afegint-hi un temporitzador que protegeixi les bateries de la sobrecàrrega.
- Descobrir com funcionen les etapes de potència complementant el preamplificador anterior amb una etapa d'àudio de 5 W, o bé construïnt un adaptador de 12 V/220 V per carregar el telèfon mòbil en el cotxe.

Per replicar l'experiència de l'assignatura ED ens són necessaris els objectius genèrics, que ens permeten treballar a nivell inicial les competències mostrades a la Taula 10 que l'EETAC vol impulsar.

La metodologia general de treball per enfocar la solució de problemes³³, tant l'anàlisi com el disseny, consisteix a resoldre el mateix problema usant dues o tres alternatives (malles, nodes i mètodes empírics), per acabar amb la verificació dels càlculs amb el simulador, abans de passar al muntatge dels prototips de laboratori i a l'ús dels instruments per comprovar-ne el funcionament segons les especificacions. Així es garanteix un treball sistemàtic que permet aprendre amb la repetició de procediments de bones pràctiques. La necessària complementarietat del laboratori i

³³ http://digsys.upc.es/sed/CiC/CiC_1AT3/info/CiC_1AT3_07-08_Q2_criteris_correccio.pdf

el treball a l'aula obliga a plantejar qualsevol circuit de forma que sigui viable de muntar al laboratori, o almenys que corri en el simulador construït a escala.

Il·lustrarem aquestes idees amb alguns exemples. A la Fig. 64 es mostra un circuit típic teòric dels que s'analitzen a classe amb instruments, bateries i fonts de corrent. La necessitat de simular-lo i muntar-lo al laboratori ens permet ampliar el circuit amb el disseny pràctic de la font de corrent per comprovar, mitjançant un interruptor, com obtenim el mateix corrent que el de la font ideal. És a dir, en el tema introductori dels circuits bàsics s'insereixen els circuits integrats actius i les bateries comercials per implementar les fonts de tensió i corrent al mateix temps que ja es comenten els circuits equivalents.

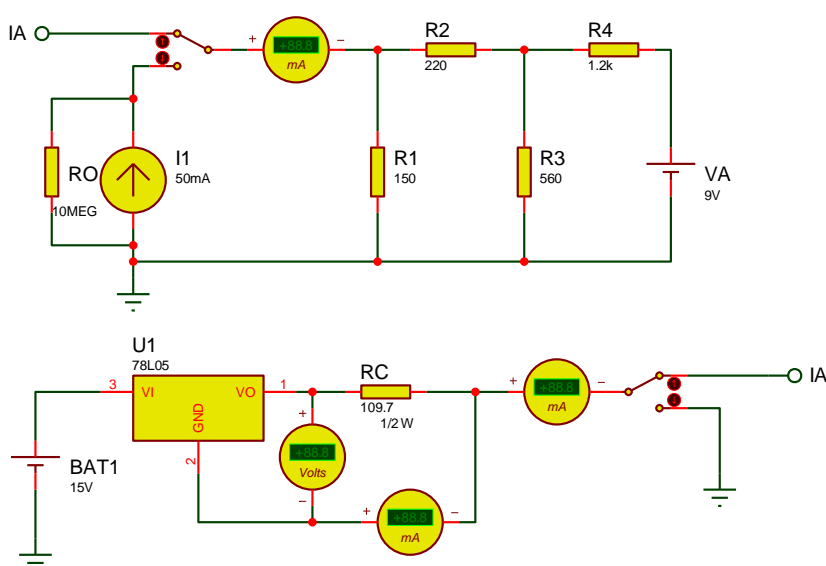


Fig. 64. Típic circuit amb resistències per analitzar que es complementa amb la realització pràctica de les fonts d'energia.

Un altre dels exercicis proposats (EX1³⁴) amb l'objectiu de descobrir les magnituds elèctriques al començament de curs és l'estudi i disseny d'una instal·lació domèstica de 220 V. S'insta els estudiants a fixar-se i cercar informació sobre els circuits bàsics elèctrics que tenen instal·lats a casa seva. Se'ls proposa traçar els cablejats, seleccionar interruptors i circuits de protecció en catàlegs comercials, realitzar càlculs de consum energètic, a més d'estimar l'estalvi de la factura elèctrica en usar bombetes de baix consum.

Com que han d'estudiar els instruments bàsics de laboratori podem aprofitar els instruments clàssics amb galvanòmetre d'agulla com el representat a la Fig. 66 per aplicar, a més, el que hagin après sobre circuits amb resistències i divisors de corrent i tensió. És a dir, construïm els problemes per desplegar el PBL procurant barrejar tothora aplicacions pràctiques amb els circuits teòrics disponibles a la majoria de llibres clàssics sobre la matèria. Fixem-nos que aquesta mena de problemes amb solucions obertes admet qüestions, treball en grup, recerca d'informació, discussió a l'aula i ampliacions posteriors.

³⁴ http://digsys.upc.es/sed/CiC/CiC_1AM2/EX/EX1/CiC_Curs_08-09_Q1_1AM2_EX1.docx



Fig. 65. Croquis d'una llar de dues plantes per electrificar que es proposa d'exercici.

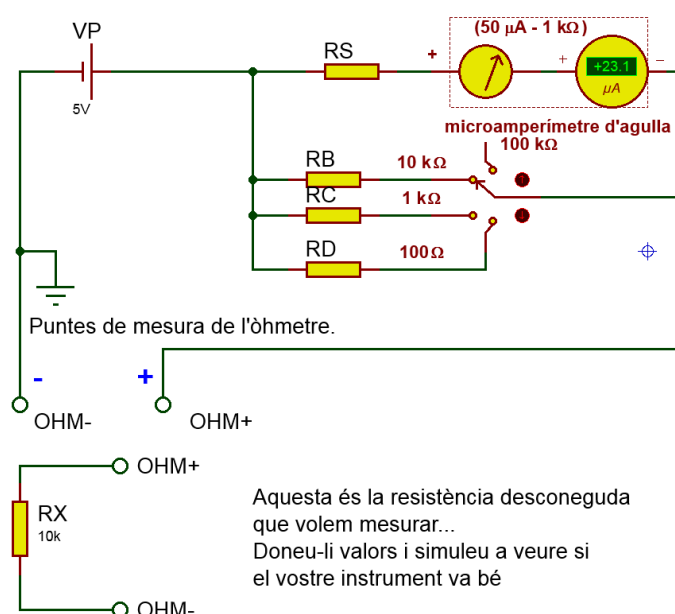


Fig. 66. Exemple de l'anàlisi d'un òhmmetre analògic comercial³⁵ per introduir conceptes bàsics de circuits.

En aquesta mateixa línia, a la Fig. 67 es mostra un exercici³⁶ orientat al PBL amb el qual es pretén cobrir el temari corresponent als circuits amb amplificadors operacionals. Es tracta d'un termòmetre de temperatura corporal amb què s'estudiaran diversos circuits integrats i sensors comercials que tenen model de simulació. L'estudiant veurà directament en el simulador, si és que ha dissenyat correctament els components seguint tècniques pròpies d'assignatures d'instrumentació més avançades, corbes de calibratge, voltatges de referència, etc.

³⁵ http://digsys.upc.es/sed/CiC/CiC_1AM2/CiCterms1AM2.html

³⁶ http://digsys.upc.es/sed/CiC/CiC_1AT3/MI/MI6/CiC_07-08_Q2_1AT3_MI6_V1n.docx

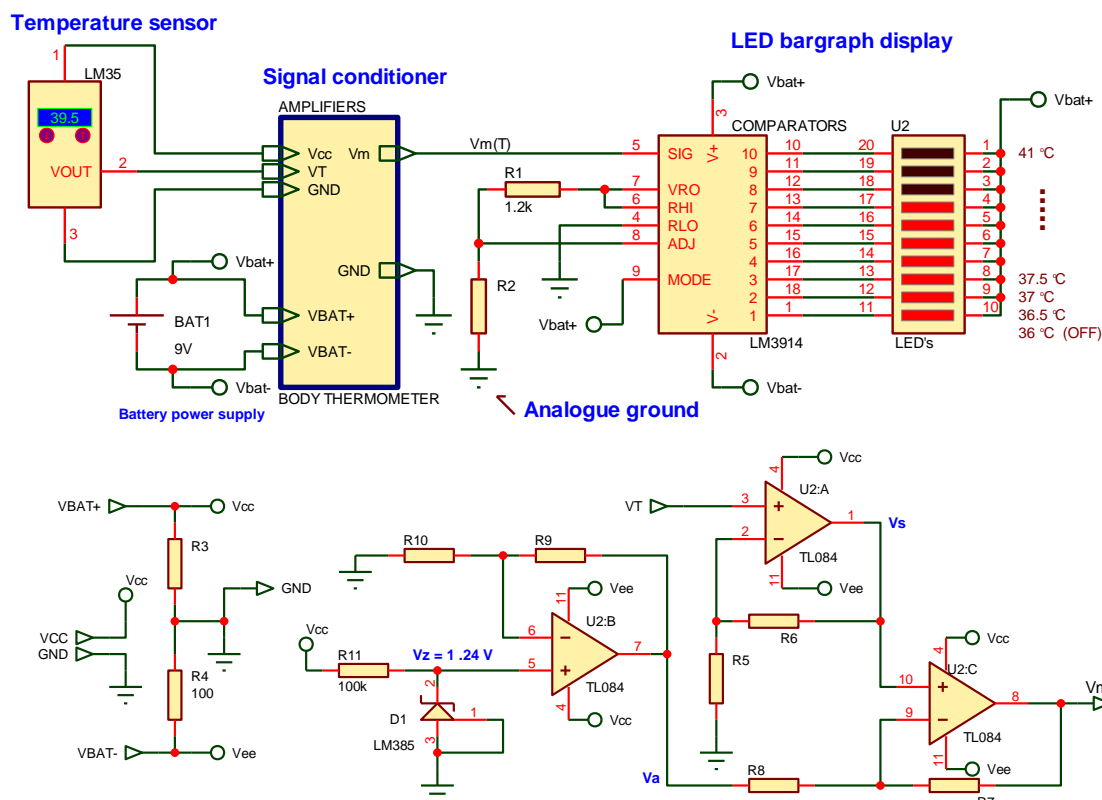


Fig. 67. Exemple de termòmetre en barra de LED proposat com a aplicació pràctica per estudiar circuits amb amplificadors operacionals.

Aquests problemes es poden anar adaptant i ajustant en diversos quadrimestres i són fàcilment ampliables. Així mateix, serà senzill reprendre'ls en assignatures més avançades que desenvoluparan versions alternatives més professionals de sols una secció del circuit, ja siguin els components digitals (ED), o analògics (LE, SE). Fins i tot, en aquest quadrimestre 1A es pot pensar introduir el concepte de disseny de l'aplicació completa en un sol xip, propi d'assignatures optatives de finals d'estudis (SDR) (Així és com se'ns presenta comercialment el termòmetre, per exemple).

Un altre aspecte interessant a remarcar, tenint en compte que es tracta d'una assignatura de primer curs, és l'ús intensiu de paper i bolígraf que se'ls demana. Abans d'elaborar en net els documents amb el processador de textos, preferim que inverteixin tot el temps possible a generar bons documents en paper. En assignatures més avançades ja se'ls demanaran lliuraments d'exercicis de qualitat en format electrònic. En tot cas, per arxivar evidències del treball realitzat durant el curs, sempre és possible escanejar ràpidament un document preparat en paper que hagi estat sotmès al procés de revisió i discussió. Fixem-nos que, més que en el producte final, estem interessats en el procés aprenentatge, i per a aquesta funció les diferents versions dels documents fets a mà són insubstituïbles a més d'il·lustradores de com s'han anat assolint els coneixements.

Finalment, per assolir la integració de coneixements i el desplegament de més competències orals i escrites, així com per observar com se'n surten a l'hora

d'aprendre amb més autonomia, se'ls proposa el disseny, simulació i muntatge d'un projecte d'aplicació. A tall d'exemple, a la Fig. 68³⁷ es mostra l'esquema proposat d'un carregador de bateries que han hagut d'anar dissenyant a partir de les especificacions inicials i assemblant circuits estudiats amb antelació en exercicis o exàmens de mínims. A la Fig. 69 es presenta la fotografia d'un prototip muntat per un grup cooperatiu.

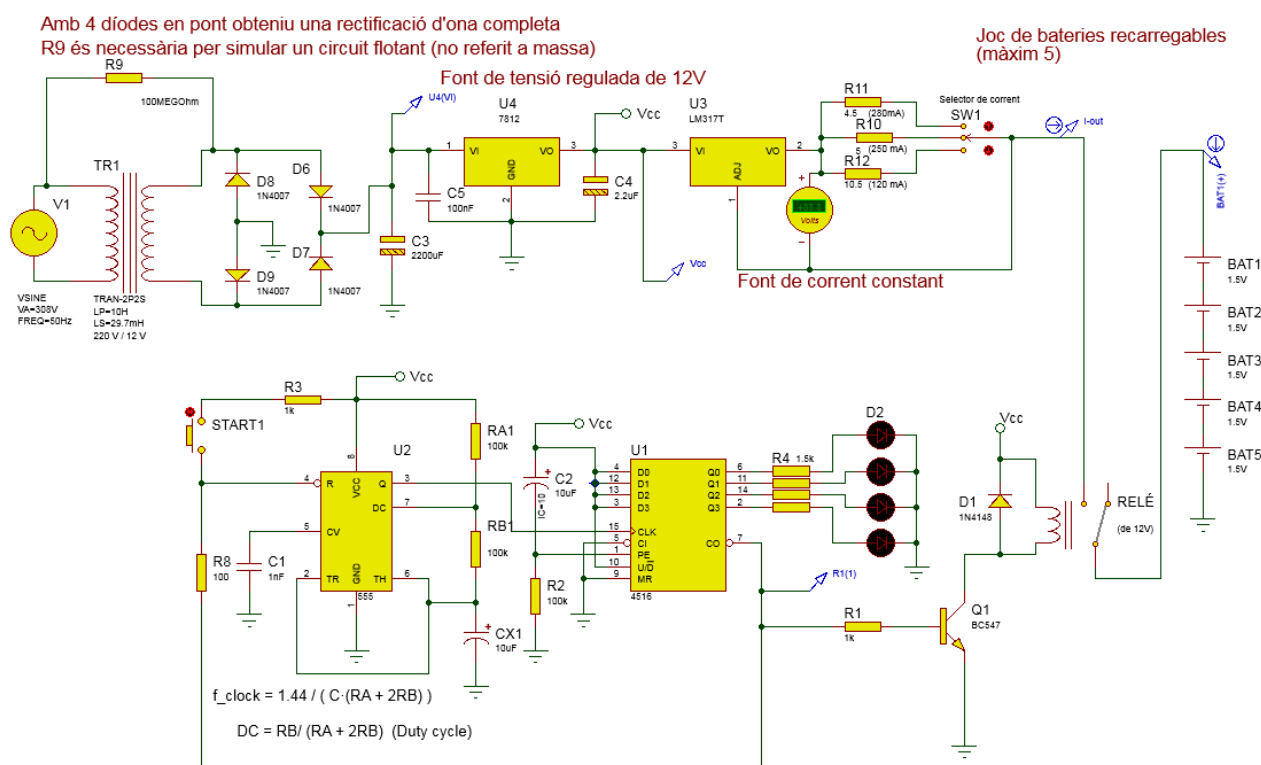


Fig. 68. Exemple de projecte d'aplicació: un carregador de bateries comercials.



Fig. 69. Fotografia del prototip de carregador de bateries muntat per un grup cooperatiu d'estudiants.

³⁷ http://digsys.upc.es/sed/CIC/CiC_1AM2/MI/PA/Timer_carregadorbateries.DSN

La majoria de materials generats es poden examinar a través dels enllaços subministrats com a notes al peu de pàgina. L'esquema d'avaluació continuada d'aquesta prova pilot ha estat semblant al de la Fig. 57 per a l'ED, amb la idea de no usar el concepte d'examen final tradicional. Al capítol 4 es presenten resultats de rendiment acadèmic, valoracions de les enquestes i resultats d'una prova d'avaluació creuada entre grups cooperatius sobre un exercici duta a terme durant el curs.

La meua valoració d'aquesta experiència és altament positiva. He comprovat que els estudiants de primer curs també són capaços d'adaptar-se satisfactòriament a un aprenentatge basat en problemes amb el que despleguen les capacitats genèriques que possiblement no havien rebut prou atenció durant els estudis secundaris. Plantejar-los que no han d'estar pendents dels resultats d'uns pocs exàmens sinó que, essencialment, avaluarem la qualitat de la seva activitat durant el curs, els tranquil·litza i permet a un nombre més gran d'ells engrescar-se per acabar el curs satisfactòriament.

3.4.2 Assignatura SED de segon curs

En aquesta secció es descriuran els materials més significatius desenvolupats a l'entorn de l'assignatura Sistemes Electrònics Digitals (SED), localitzada al segon curs dels estudis d'Enginyeria Tècnica en Telemàtica.

Considerant que els estudiants han passat la fase selectiva, ja tenen assumit un conjunt de competències genèriques bàsiques. Per tant, poden estudiar amb més llibertat, en el sentit que el professor no els programarà les tasques tan rigorosament com en les assignatures introductòries, sinó que esperarà dels estudiants un cert grau d'autonomia en l'estudi i bona predisposició per anar solucionant els reptes presentats. En conseqüència, les competències genèriques es podran treballar a un segon nivell d'aprofundiment, mantenint sempre la qualitat i el volum de continguts específics apresos.

A SED s'han realitzat experiències d'innovació docent orientades a l'adaptació a l'EEES durant 7 quadrimestres, els materials de les quals es poden consultar a la referència [143]. Semblantment a l'ED, la mecànica ha consistit a proposar un canvi substancial de metodologies i organització durant els primers quadrimestres, i després, aplicant la sistemàtica del mètode, s'ha anat repetint i ajustant any rere any fins a l'extinció del pla d'estudis. El primer any en què es va proposar aplicar-hi alguna innovació es va decidir fer-ho solament en el grup en què l'autor impartia docència, de forma que l'assignatura ha tingut uns objectius específics per a aquest grup pilot diferents dels de resta. El contingut proposat per aquest grup pilot és una continuació del de l'assignatura ED desenvolupada en el quadrimestre anterior perquè els estudiants poguessin continuar construint el coneixement de la matèria a partir de la base de circuits combinacionals i sistemes seqüencials d'ED. Aquest encadenament ha estat possible gràcies a la coordinació vertical. El temari s'ha dividit en 2 grans blocs: sistemes digitals basats en dispositius lògics programables PLD-FPGA descrits en VHDL i sistemes digitals basats en microcontrolador programats en llenguatge C. Amb aquesta organització es pretén donar a conèixer les dues

alternatives per al disseny de sistemes digitals avançats entre les quals l'enginyer ha de triar per realitzar projectes de l'àrea de tecnologia electrònica. El diagrama de la Fig. 70 mostra els conceptes que es treballen a l'assignatura.

El primer tema sobre dispositius programables i VHDL s'ha preparat com una continuació directa de l'assignatura ED, de forma que tota ella queda "integrada en un xip", com si es tractés d'una actualització tecnològica en la qual, en lloc de dibuixar els circuits, es descriuen en el llenguatge estàndard VHDL i se sintetitzen en un únic PLD o FPGA.

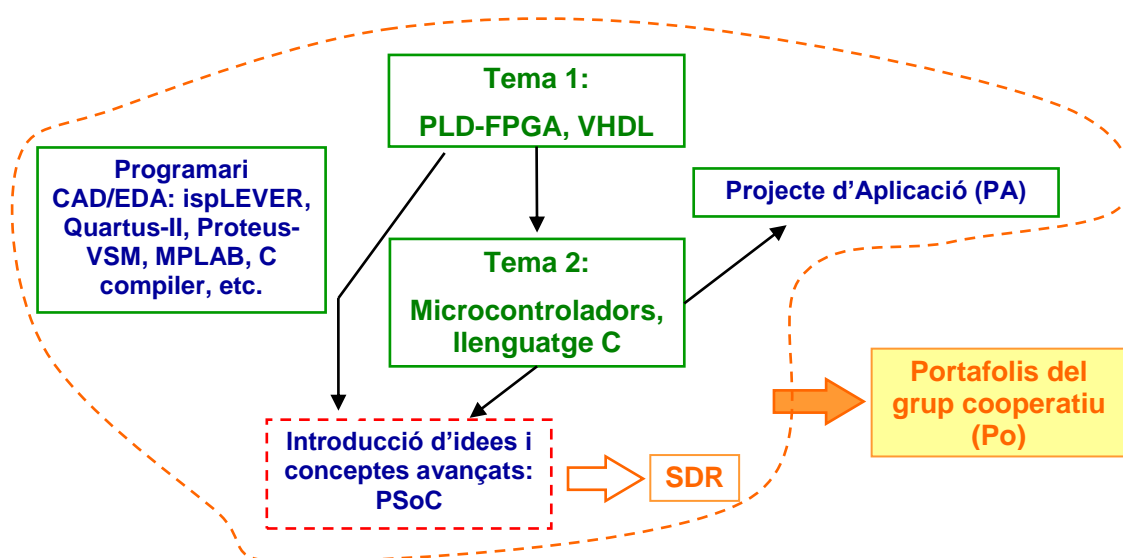


Fig. 70. Conceptes més destacables del temari de SED.

El segon tema té la mateixa intenció inicial que el primer: inferir que, a partir de dispositius programables i llenguatge VHDL, es pot fabricar un xip microprocessador. Posteriorment, el gruix del capítol s'acaba centrant en el disseny aplicacions amb microcontroladors comercials PIC de l'empresa Microchip.

El projecte d'aplicació final dona molta autonomia al grup de treball perquè dissenyi, amb més llibertat que a l'ED de primer curs, una aplicació concreta, generalment un sistema d'adquisició, processament i transmissió de senyals usant els recursos perifèrics que li ofereix el xip microcontrolador.

El portafolis del grup cooperatiu és molt més elaborat que el desenvolupat a l'ED de primer, i està pensat per a què es pugui usar com a evidència del treball realitzat per a la carpeta de competències de l'estudiant de l'EETAC [120].

A partir d'aquest temari, es preparen objectius d'aprenentatge³⁸ que es treballen amb el mètode sistemàtic [144] proposat en aquesta tesi. A tall d'exemple, un parell d'objectius descrits segons el format habitual seria:

Una vegada superada l'assignatura SED, l'estudiant haurà de ser capaç de:

- Dissenyar sistemes digitals de complexitat mitjana (combinacionals i seqüencials) basats en dispositius lògics programables de diferent nivell de complexitat: SPLD, CPLD i FPGA, usant les eines CAD professionals adequades (per exemple ispLEVER de Lattice Semiconductor o

³⁸ La llista completa d'objectius de SED: http://digsys.upc.es/ed/lilibres/UC/SED_EEES_Objectius_2007_09.pdf

Quartus II d'Altera) a través de diagrames de blocs i llenguatge de descripció de maquinari VHDL. (Nivell 3)

- Estructurar i editar en format electrònic (PDF) un portafolis de curs per classificar i presentar una mostra dels millors materials elaborats, així com aportar reflexions sobre l'aprenentatge assolit, amb la intenció d'adquirir habilitats d'autocrítica i autoavaluació del treball propi a partir d'unes directrius definides. (Nivell 3)

3.4.2.1 Exercicis PBL encadenats

Recordem que un objectiu de nivell 3 requereix aplicar la majoria de capacitats cognitives (vegeu la Fig. 21). Amb la preparació acurada dels exercicis de tipus PBL eminentment pràctics que han de realitzar els estudiants en grup cooperatiu, ens assegurarem que s'assoleixen aquests objectius d'aprenentatge. Ja hem comentat que els problemes estan orientats a permetre que l'estudiant utilitzi els coneixements de l'assignatura ED com a base per continuar construint coneixement sobre les mateixes aplicacions. Tant és així, que les unitats didàctiques i els materials d'ED, tothora accessibles a través de la nostra web, també es consideren materials d'estudi de SED. Hem vist un exemple de circuit reutilitzable a la Fig. 35 al voltant de l'accionament d'un motor pas a pas. Un altre exemple seria el de la Fig. 71, la qual mostra l'esquema d'un rellotge de temps real³⁹. Aquesta mena de dissenys pot encadenar diversos exercicis consecutius perquè gran part del temari es vehicula amb la realització dels subcircuitos combinacionals i seqüencials que integraran el rellotge.

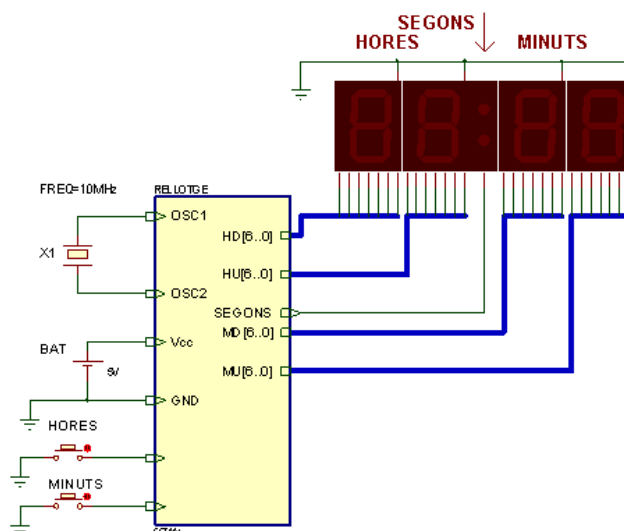


Fig. 71. Exemple d'un problema de SED: rellotge de temps real a dissenyar amb tecnologia de PLD i llenguatge VHDL o bé amb xip microcontrolador i llenguatge C.

Aquest sistema està plantejat a nivell de diagrama de blocs i s'ha resolt ja amb xips clàssics a l'assignatura ED. El problema es recupera a SED i fins i tot es poden fer un parell de versions del mateix disseny segons el tema: se'ls proposarà de resoldre'l amb maquinari a partir de xips programables i amb llenguatge VHDL, o bé amb programari usant un microcontrolador i llenguatge C. És, veritablement, aquesta sintonia de continguts i organització la que indubtablement permet avançar significativament en la matèria, la que acaba marcant la diferència respecte del que

³⁹ http://digsys.upc.es/sed/SED/grups_classe/05-06_Q2/2AT4/exercicis/SED_Curs_05_06_Q2_2AT4_EX2.doc

s'aprèn habitualment a través de l'ensenyament tradicional. El concepte presentat a la Fig. 26 en relació a l'encadenament de continguts s'amplia d'aquesta manera a diverses assignatures disposades en vertical (també a l'optativa SDR). La sensació que es transmet als estudiants és la d'estar treballant en un empresa del sector que realitza diverses versions dels seus productes comercials, revisant-ne els dissenys i afegint-los prestacions per mantenir-se ben posicionada en el mercat.

3.4.2.2 Avaluació dels problemes amb rúbriques

Per resoldre correctament aquesta mena de problemes oberts, és absolutament necessari posar tot l'èmfasi en la qualitat de les memòries dels treballs que els estudiants van generant com a solucions. La Taula 33 és un exemple dels criteris en què han de fixar-se, de forma que fins i tot es pot tractar de fer l'avaluació creuada entre grups. Com s'indica en el criteri "format", aquests documents s'han de realitzar en processador de textos segons una plantilla que conté tots els estils i paràmetres, per tal d'adjuntar-los al portafolis electrònic en format PDF quan s'han corregit i revisat. La plantilla inclou també la pauta de les tasques a realitzar i tots els detalls de l'organització del treball.

Informe d'avaluació d'un treball de SED

Títol del treball avaluat:

Persona o grup cooperatiu autor del treball:

Persona o grup cooperatiu avaluador:

Valora amb un 1 (insuficient), 2 (suficient) o 3 (notable) cadascun dels criteris d'avaluació. Afegeix les observacions que creguis oportunes per la teva valoració de cada criteri.

Criteri	Valoració	Observacions
Format		
Ortografia i gramàtica		
Organització		
Claredat		
Ús de gràfics		
Interès i conseqüències pràctiques		

Identifica tot seguit els aspectes més positius del document.

Identifica tot seguit els aspectes que més urgentment han de ser millorats.

192 Contribució a l'adaptació a l'EEES d'assignatures de tecnologia electrònica: un mètode sistemàtic

Criteri	3 Notable	2 Suficient	1 Insuficient
Format	El document s'ajusta perfectament al format establert per la plantilla. No cal afegir res per poder elaborar el document electrònic PDF per penjar a la web i evidenciar que s'ha fet una bona feina.	Hi ha un parell de coses que no s'ajusten al format. Cal fer petits canvis o retocs, però no pas gran cosa (s'han deixat en el document original assenyalades les indicacions per tal que es puguin identificar aquests desajustos). Falta omplir l'apartat del temps d'estudi.	El document no s'adapta al format. Està clar que no s'han mirat ni com s'havia de presentar. El document no pot lliurar-se a no ser que es retiqui completament.
Ortografia i gramàtica	El document no té faltes d'ortografia ni errors gramaticals.	El document té un parell o tres de faltes d'ortografia o de gramàtica, probablement atribuïbles a una redacció ràpida del paràgraf (s'han deixat assenyalades al document original).	El document està ple d'errors ortogràfics i/o gramaticals. Des d'aquest punt de vista és un document impresentable.
Organització	El document està organitzat de forma lògica. Les seccions i subseccions estan lligades i faciliten el seguiment del contingut. Hi ha un resum inicial (<i>abstract</i>) que explica breument l'objectiu del treball i el seu interès; una primera part que planteja clarament el tema (el sistema a dissenyar), una part central que desenvolupa i verifica el disseny pas a pas, i una tercera part final que explica les conclusions.	L'organització és acceptable però hi ha alguns aspectes clarament millorables. El plantejament no indica ben bé què s'ha de dissenyar, o bé el desenvolupament no mostra els passos consecutius que han portat a la solució final de cada etapa. Potser la verificació del sistema és incompleta o no s'han inclòs les conclusions o el resum inicial.	El document està mal organitzat, no s'introdueix el tema, hi ha un parell de llistats d'ordinador i prou. No s'explica el desenvolupament, o només alguns passos. Es passa d'un lloc a l'altre sense cap sentit, no hi ha índex general i manquen parts imprescindibles, com ara les conclusions.
Claredat	Els continguts són molt clars, l'estil és el propi d'un document tècnic, amb frases curtes i fàcils de comprendre a la primera.	En alguna ocasió m'he perdut llegint alguna frase llarga i confusa amb un llenguatge no gaire apropiat, he hagut de llegir-la diverses vegades per acabar d'entendre-la (he marcat aquestes frases al text original per tal que els autors puguin millorar-les).	El text és difícil d'entendre. Les frases són llargues i confuses o bé sense sentit. Tota l'estona m'he encallat intentant esbrinar què es pretenia dir llegint-t'ho una vegada i una altra i en molts llocs encara no entenc què es volia transmetre.
Ús de gràfics	Totes les figures, gràfics i llistats de programes tenen sentit i ajuden a entendre l'explicació. No n'hi ha cap que sobri o que sigui repetitiu; tampoc sembla que en manqui cap. A més, els peus de figura expliquen breument les imatges i les referències creuades en el text estan a prop.	En algun lloc del document he vist que seria necessari afegir un gràfic o figura que ajudi a aclarir un concepte (per això he deixat una marca al document original per identificar aquest punt). Hi ha un parell de figures sense peu o amb text no gaire clar i algun paràgraf sense la referència creuada a la figura que explica. Han començat el disseny d'un circuit sense representar-ne abans el diagrama de blocs.	No han usat ni gràfics ni figures o ben poques, i és evident que fan falta per facilitar la comprensió. Fins i tot s'han deixat els esquemes dels circuits que estan dissenyant en cada moment. Manquen també els resultats de la verificació dels dissenys. El text de les figures no s'entén.
Interès i conseqüències pràctiques	El document és d'interès perquè representa una bona mostra del treball realitzat a l'assignatura. Pot permetre a altres estudiants fer-se una bona idea dels continguts de la matèria. Fins i tot es pot incloure a la carpeta de competències dels autors.	El document no m'entusiasma, potser no representa bé la feina que s'ha fet.	El document no sembla pas d'interès i fins i tot m'ha fet perdre el meu interès en la matèria.

Taula 33. Criteris i rúbrica per a la correcció d'un treball escrit de SED.

La referència⁴⁰ conté l'enunciat complet d'una proposta de projecte d'aplicació de SED i les pautes que han de seguir els estudiants per resoldre'l. Es tracta d'un temporitzador programable per accionar un motor. A la Fig. 72 es representa el diagrama en blocs del circuit a dissenyar, el qual és prou ambiciós per emprar gran part del coneixement introduït de forma gradual durant el curs com explicarem a la Fig. 26.

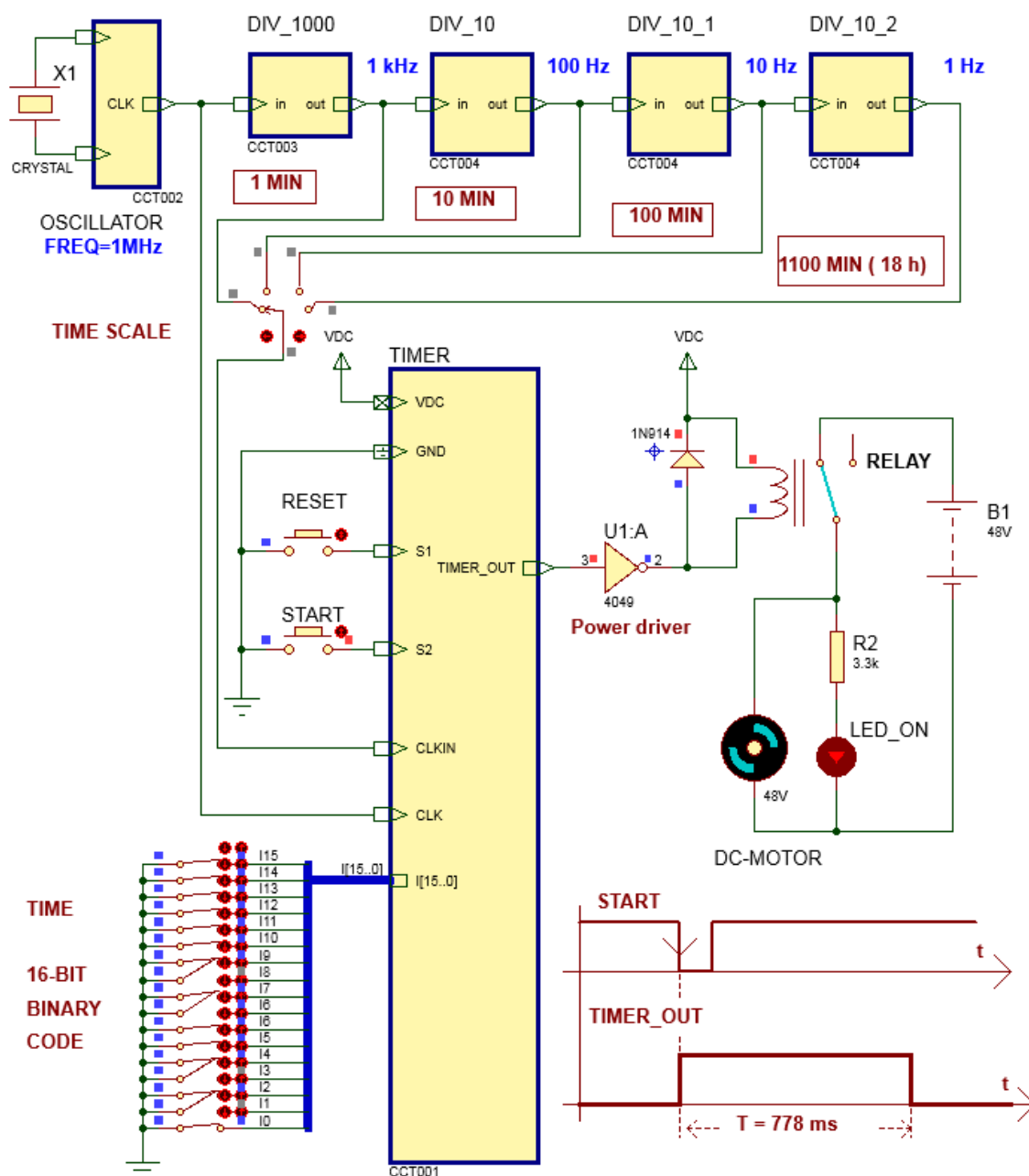


Fig. 72. Exemple de circuit proposat per dissenyar a SED: un temporitzador programable per accionar un motor.

⁴⁰ Exemple d'especificacions de projecte d'aplicació: http://digsys.upc.es/sed/SED/grups_classe/05-06_Q2/2AT4/exercicis/SED_Curs_05_06_Q2_2AT4_PA.doc. Indicacions generals de com dur-lo a terme amb plantilla d'exemple: http://digsys.upc.es/sed/SED/projectes_aplicacio/SED_PA_format.htm

3.4.2.3 Portafolis amb processador de textos

En haver resolt exercicis com els anteriors, amb el grau de qualitat indicat i que a més, funcionen, s'escau organitzar un portafolis per mostrar el bon treball realitzat. Per al docent aquest portafolis representarà una col·lecció d'apunts que podrà usar en cursos posteriors i, per als estudiants, els facilitarà l'aprenentatge autònom. Seran així més capaços d'afrontar el projecte de fi de carrera i els quedaran bones evidències per a la realització de la carpeta de competències de l'EETAC [120] en finalitzar els estudis de grau, seguint la mateixa línia arrencada a CiC i continuada a ED. Els estudiants podran documentar perfectament l'abast dels coneixements adquirits en tecnologia electrònica, així com la seva implicació en la posada en pràctica de competències genèriques.

A la Taula 34 es mostren les instruccions que facilitem als estudiants i la rúbrica a través de la qual poden corregir-se el treball, tot i que és el professor qui a la fi dóna per vàlida la qualificació o bé la modifica.

ORGANITZACIÓ DEL PORTAFOLIS DEL GRUP COOPERATIU DE SED	
El dossier es crea:	<ul style="list-style-type: none"> - A partir d'una plantilla com les que s'usen en els exercicis. Bàsicament heu de fer un únic document a partir dels treballs del curs que ja teniu en format .doc. - La presentació serà electrònica amb editor de text i impressió en PDF. Més endavant podreu usar el contingut del dossier de SED per documentar la vostra carpeta de competències (http://epsc.upc.edu/projectes/carpeta_competencies).
El dossier inclou:	<ul style="list-style-type: none"> - L'índex general amb els continguts. - Una selecció del millor material realitzat pel grup (exercicis i/o controls) en primera versió (≈ 50% del material del curs). Algun dels exercicis que trieu ha de ser millorat (2a versió) a partir de les indicacions de la correcció que us van fer. Un dels exercicis pot ser la memòria del projecte d'aplicació (i si s'escau, les transparències de la presentació oral). - Una mostra del material teòric que s'ha cercat de forma autònoma per part del grup per adquirir algun concepte del curs sobre PLD's i µC. - Un full de reflexió sobre el material escrit amb el raonament de per què s'ha escollit. - Un full de reflexió amb les opinions sobre l'aprenentatge realitzat pels membres del grup durant el curs. - Els fulls de registre de les sessions de treball en grup realitzades tant a l'aula com fora de classe amb el comptatge del temps de dedicació a l'estudi de SED. Podeu realitzar una gràfica que mostri el vostre temps d'estudi acumulat. - La bibliografia usada.
El dossier es presenta:	<ul style="list-style-type: none"> - Heu de penjar l'únic fitxer PDF a l'apartat corresponent de l'Atenea- Moodle abans de la data límit indicada.
El dossier s'avalua:	<ul style="list-style-type: none"> - L'última setmana del curs a partir de: <ul style="list-style-type: none"> o Autoavaluació per part del grup expressada a la rúbrica. o La valoració dels professors.
El dossier representa:	<ul style="list-style-type: none"> - El 15% de la qualificació final del curs.

Rúbrica de correcció del portafolis Data: _____ GRUP AVALUADOR: _____ Grup de treball a què pertany el portafolis avaluat: _____ P = puntuació (0-10); W = pes de l'apartat; T = qualificació = P x W Heu de posar un sol nombre a cada casella.			
			Qualificacions
	P	W	T
Organització, ordre i facilitat de lectura. Assigneu la màxima puntuació si el material de la carpeta: <ul style="list-style-type: none"> - És fàcilment llegible (20%) - Conté un índex d'activitats i exercicis proposats (20%) - Permet trobar-hi ràpidament qualsevol element concret o saber si hi manca (20%) - Té el full de reflexió amb opinions sobre l'aprenentatge del curs (20%) - Tots els fulls segueixen la plantilla. Hi ha els 3 estils per identificar els títols, els peus de figura i les referències creuades a les figures i a la bibliografia (10%) - Els fulls tenen marges adequats i informació significativa als encapçalaments i peus de pàgina (10%) 	0,30		
Els registres de les sessions de treball TGC. Assigneu màxima puntuació si: <ul style="list-style-type: none"> - Són concisos (10%) - Contenen informació completa dels assistents i horari (20%) - Contenen informació clara dels objectius i dels resultats de la sessió (40%) - Tenen apuntat el temps de dedicació a l'estudi (10%) - Hi ha la gràfica d'acumulació de temps d'estudi (20%) (Si solament hi ha un X% de registres, multipliqueu la nota per X/100)	0,30		
Exercicis i controls. Assigneu la puntuació màxima si: <ul style="list-style-type: none"> - Estan tots ordenats i classificats correctament (20%) - Un dels exercicis és la 2a versió millorada amb la correcció (20%) - S'han realitzat seguint els criteris: plantejament, mètode, desenvolupament, solució i verificació (20%) - S'ha inclòs el full de reflexió sobre l'elecció del material per al dossier (20%) - S'ha inclòs com un exercici més el projecte d'aplicació, redactat també convenientment amb les indicacions de la plantilla (20%) 	0,20		
Notes de classe i cerca de material d'estudi i bibliografia. Assigneu la puntuació màxima si: <div style="margin-top: 10px;"> Material d'estudi: (50%) <ul style="list-style-type: none"> - Està ben classificat - Hi ha la referència de la font i els autors del material. - Hi ha algunes pàgines de <i>datasheets</i> de fabricants - Hi ha ampliacions, resums, experiments, informació addicional, etc. per cada tema </div> <div style="margin-top: 10px;"> Bibliografia i referències web: (50%) <ul style="list-style-type: none"> - Estan ben referenciades: autors, títol, editorial, any - S'indica amb un breu comentari què s'ha consultat exactament del llibre o de la web </div>	0,20		
Qualificació global (suma de la columna)			

Taula 34. Instruccions per donar forma al portafolis electrònic de SED amb la rúbrica proposada per corregir-lo.

A tall de mostra, aquest⁴¹ és el portafolis electrònic d'exemple d'un grup cooperatiu. A la mateixa pàgina web⁴² se'n troben d'altres grups, per si hom desitja valorar amb més dades l'abast, l'efectivitat i la idoneïtat d'aquesta eina a l'hora de visualitzar què estan aprenent realment els estudiants en realitzar un curs adaptat a la metodologia

⁴¹ http://digsys.upc.es/sed/SED/grups_classe/07-08_Q1/2AT4/carpeta/Carpeta_del_grup_G1.pdf

⁴² http://digsys.upc.es/sed/SED/dossier_aprenentatge/portfolioSED.html

que proposem. S'ha descrit en detall aquesta eina d'avaluació continuada a la secció 2.4.2, i les referències [113] i [114] són exemples del seu ús a la branca d'enginyeria.

En el proper capítol se subministren dades sobre rendiment acadèmic assolit a SED i valoracions dels estudiants recollides en les enquestes. Des del meu punt de vista, l'experiència que hem adquirit en abordar l'adaptació a l'EEES d'aquesta matèria ha estat força positiva, sobretot perquè ha comportat treballar nous continguts i eines de disseny que s'han inserit finalment a la matèria CSD del nou pla d'estudis de grau. La coordinació amb altres professors ha estat, però, més conflictiva. En realitat, una mateixa matèria s'observa i s'orienta diferentment segons el departament al qual s'assigni, entenent, naturalment, que tots els punts de vista són perfectament vàlids i raonables. Això comporta que resulti complicat consensuar objectius d'aprenentatge tal com els hem definit en aquest treball. A més, si al temari s'hi afegeix tot un seguit de competències genèriques a treballar, el problema de validar un únic mètode d'instrucció per a tots els grups esdevé encara més difícil. Per això és d'agrair una vegada més l'interès de l'EETAC a posar en marxa plans pilot que permetin desplegar diverses alternatives a la docència per comparar resultats i generar discussió acadèmica.

3.4.3 Assignatura CSD de segon curs de grau

L'assignatura CSD⁴³, ubicada al segon curs (2A) dels nous estudis de grau en Enginyeria de Telecomunicació, és l'hereva dels continguts i les metodologies proposades a les assignatures ED i SED dels estudis d'Enginyeria Tècnica en Telecomunicació. No és el propòsit descriure CSD en detall [146], ja que segueix completament la planificació sistemàtica validada en les matèries prèvies. Simplement mencionarem les novetats més destacables que hem proposat per mantenir i impulsar el mètode instruccional i que bàsicament són fruit de l'evolució tecnològica i de l'experiència assolida: 1) preparació acurada d'un portafolis electrònic basat en l'entorn d'edició de webs Google Sites que incorpora la correcció d'exercicis; 2) elaboració de continguts i ús d'eines de disseny CAD/EDA de diversos fabricants, i 3) transformació dels controls de coneixements mínims en exàmens de continguts bàsics per adaptar-nos a la normativa acadèmica. El mapa conceptual de la Fig. 73 mostra els continguts de CSD.

La novetat més significativa és que en una sola matèria quadrimestral de 6 ECTS hem d'impartir les competències específiques que en el pla d'estudis anterior corresponien a un parell d'assignatures. El departament va decidir ampliar els coneixements de circuits digitals a les assignatures optatives i concentrar l'electrònica digital en aquesta matèria que cursaran les dues especialitats impartides a l'EETAC: Sistemes de Telecomunicació i Telemàtica. A més, CSD ha de desplegar fins a sis competències genèriques, algunes de les quals ja al segon nivell, en haver-se introduït en el primer curs. Es tracta de tot un repte que ens obliga a la selecció

⁴³ http://digsys.upc.es/ed/CSD/units/CSD_acord.pdf

acurada de continguts i a prestar el màxim d'atenció a l'organització del curs per poder arribar a bon port.

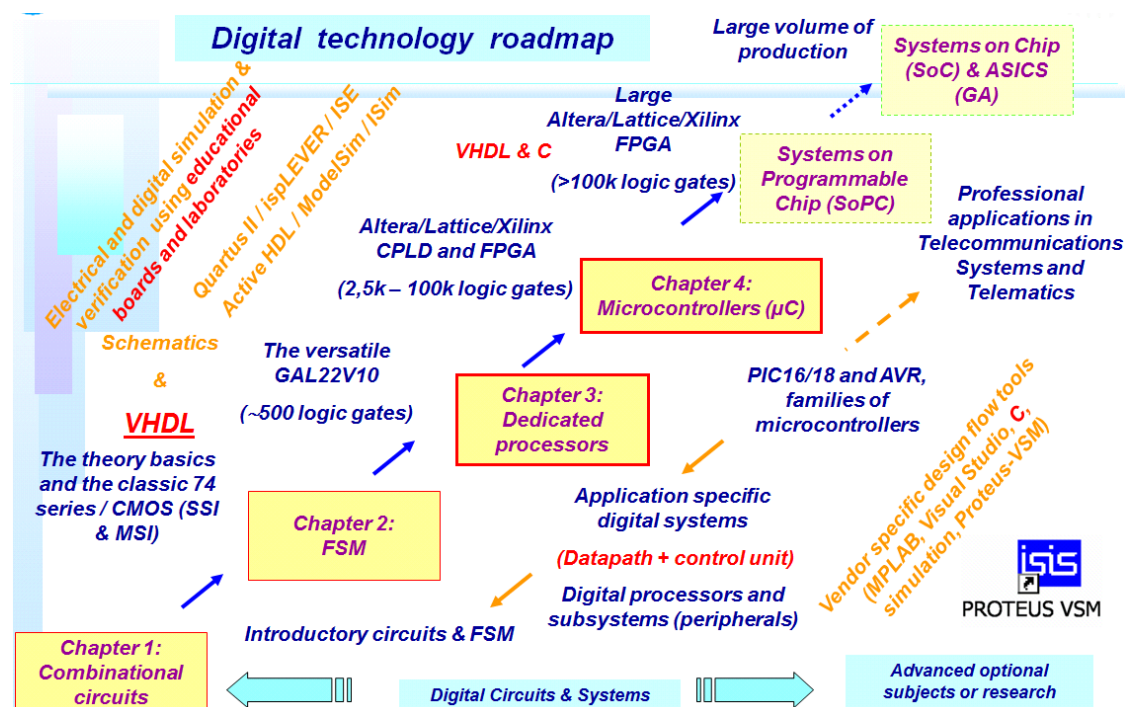


Fig. 73. Plànol amb els conceptes clau inclosos a CSD.

3.4.3.1 El portafolis electrònic de CSD

L'eina més destacable introduïda per primera vegada en aquesta matèria és el portafolis electrònic del grup cooperatiu en format Google Sites, és a dir, directament en pàgines web elaborades pels mateixos estudiants amb l'ajuda d'una plantilla inicial. El grup cooperatiu n'és el propietari i el professor simplement accedeix als documents per efectuar-ne la revisió. En la primera versió de l'assignatura [147], es va pretendre organitzar aquesta plantilla a partir d'un índex temàtic de competències genèriques com mostra la Taula 35, com a aparador dels millors resultats i treballs realitzats, però més endavant vàrem continuar la línia del portafolis com a espai de treball per mostrar cronològicament el procés d'aprenentatge (vegeu la Fig. 30). El nostre plantejament és que durant els estudis convé, i és molt més senzill, obtenir evidències relacionades amb les competències genèriques vinculades a diverses assignatures, de forma que en finalitzar els estudis aquestes competències es puguin classificar i reorganitzar amb un format com el mostrat a la Taula 35.

Així, la carpeta de CSD ha esdevingut una versió moderna, una evolució de les carpetes en paper d'ED i del fitxer PDF de SED. Els grups prenen com a referència la plantilla web semiestructurada⁴⁴ de la Fig. 74 i l'emplenen ordenadament amb els continguts distribuïts en diverses pàgines web. L'agenda de cada curs ubicada a la nostra web de l'assignatura conté els enllaços públics als portafolis de grup, així que tothom pot veure en directe com evoluciona l'assignatura. Els grups cooperatius

⁴⁴ http://digsys.upc.es/ed//CSD/eportfolio/ePortfolio_installation_tutorial.docx

tenen l'opció de fer la carpeta privada amb accés restringit al professor, però se'ls invita a fer-la pública sense limitació de consulta.

Group portfolio in Electronics I	
Course term:	
Authors:	
Cooperative group number:	
Date:	
Table of contents	
1.	Course, purpose, audience and structure
2.	A list of hardware/software tools
3.	Work samples and reflection for the cross-curricular skills
A.	3rd language (English)
A.	An active reading of a paper or a book unit
B.	A written assignment in English
C.	Exam solution
B.	Team work
A.	Learning an electronic design automation (EDA) tool in group
B.	An example of a group assignment
C.	Oral and written communication
A.	A concept prepared to learn the design flow for a digital circuit
B.	A peer-reviewed written assignment
C.	An oral presentation in class
D.	Self-directed learning
A.	Example of a project organisation and development
B.	Example of a unit or lesson studied autonomously
4.	General reflection and conclusions

Taula 35. Exemple d'índex de portafolis estructurat a partir de les competències genèriques proposat a la primera versió de l'assignatura encara amb el nom provisional d'Electrònica I.

ePortfolio Gx

**Digital Circuits and Systems
GX ePortfolio**

Introduction

This is an example web site template from the CSD instructors. You have to delete all this sample and customise this space with your own materials. This site layout has been tailored from the original [Google sites project template](#). So, you are invited to do the same or probably much better than us.

On this page you can [insert content](#) related to your project including text, gadgets, forms, calendars, photos/illustrations and even YouTube videos.

The idea is that you, as a cooperative group in Digital Circuits and Systems, start developing this example web page from the very course beginning to place and organise all your course materials and group work. It's very simple: You are going to show everybody the way you're learning and reflecting.

Work and share group documents using [Google Drive](#) (the new version of the old Google Docs), [Dropbox](#), [SkyDrive](#), [SugarSync](#), or other document sharing tools at the cloud, and then, when your documents are finished, upload them all here at the corresponding sheet. [This is a "files" page](#) where you can store resources to be used in this web site.

This is a [sub page on reflection](#) where to explain anything you like to comment on the course development.

Fig. 74. Plantilla inicial del portafolis electrònic de CSD amb la barra de navegació pensada per a les tasques a realitzar cronològicament.

El seguiment i arxivament dels treballs es realitza amb una taula per cada exercici com la mostrada a la Fig. 75. Per facilitar la gestió i l'accés al professor corrector els estudiants pugen, abans de la data límit, els documents en format editable i els fitxers comprimits dels projectes a les columnes 2 i 5 respectivament.

EX1A: Circuits using logic gates

Table of links to the problem documents or project deliverables:

Column 1:	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
Assignment (docx) A link from the course web	Group solution (docx) A link to download the file attached below	Instructor comments using electronic ink or audio notes (docx) A link to download the file attached below that was sent back to you by your instructor	Group improved solution(pdf). (Read and follow instructions below)	Projects developed in the problem, and other additional files (Visio charts, scanned class notes, photos, internet web links, etc.)
Link1 A link to the file attached below	Link2 A link to the file attached below	Link3 I'll send back to you the reviewed file	Link4 (which projects were improved?) Your <u>zipped folders</u>	Analysis 1 Analysis 2 Design 1 Other files

Delete this two columns by now

Fig. 75. Taules de control i arxivament dels treballs dels grups cooperatius.

La correcció es realitza immediatament fent sobre els mateixos treballs anotacions amb tinta electrònica⁴⁵ o incrustant fitxers d'àudio amb comentaris sobre la revisió. Els documents modificats amb correccions s'adjunten a la columna 3 (Fig. 75). Generalment, durant la setmana següent a la correcció, com mostra la Taula 36, es dóna la possibilitat als alumnes de millorar la tasca atenent a les correccions fins al nivell de qualitat que desitgin i tornar a pujar a la columna 4 de la taula el treball en format PDF. Certament, amb aquestes eines es crea una extraordinària dinàmica comunicativa a l'aula i al despatx del professor. Els estudiants volen fer-ho bé i la publicitat dels seus treballs mitjançant una web sota el seu control els empeny a treballar seguint les pautes de qualitat que els hem subministrat.

Digital Circuits and Systems (CSD) - 14-15 Q2 Weekly agenda of activities (main details)																			
Chapter 1: Combinational circuits						Chapter 2: FSM			Chapter 3: Dedicated processors		Chapter 3: Microcontrollers								
W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7		W8	W9	W10	W11	W12	W13						
16-20/2	23-27/2	2-6/3	9-3/3	16-20/3	23-27/3	7-10/4		16/4	20-24/4	27-30/4	4-8/5	11-15/5	18-22/5	25-29/5	12/6				
INTRO																			
EX1A			A/IM1A												AP				
			EX1B		A/IM1B														
			EX1C																
Easter						A/IM1C		Individual test IT1											
						EX2						A/IM2							
										EX3		A/IM3						A/IM4	
												EX4							
eP		eP		eP		eP		eP		eP		eP		eP		eP			
						IT1				IT2		IT3				IT4			
(98 hours of study time)										52 hours of study time)									
INTRO: course presentation and formation of the cooperative groups; EX: Exercises; A: assessment; IM: improvement OP: oral presentation; AP: application project report; eP: e-portfolio IT: Individual test (unannounced, approximate date)																			

Taula 36. Exemple d'agenda amb la planificació de les tasques, la correcció immediata i la possibilitat de millora.

⁴⁵ Documentació sobre com elaborar el portafolis: <http://digsys.upc.es/ed//CSD/eportfolio/CSDportfolio.html>

Aquesta carpeta electrònica esdevé l'eina bàsica per anar progressant, tal com en una empresa s'anirien desenvolupant projectes i arxivant-los convenientment. No se'ls dóna l'opció que tinguin abandonat el seu portafolis, i si aquest és el cas, és un indicatiu immediat de què el grup no funciona i cal prendre accions correctores. És a dir, col·leccionar bones evidències d'aprenentatge requereix que els estudiants s'activin, estiguin atents i motivats i progressin durant el curs. Hem verificat força vegades que si no tenen cura del portafolis, és que pretenen abandonar l'assignatura.

3.4.3.2 Elaboració de materials i ús d'eines EDA de diferents fabricants

Un dels reptes que ha hagut d'afrontar aquesta matèria, tal com s'ha comentat, ha estat com encabir tant de temari en tan poques hores d'aprenentatge. Atenent a les directives del pla d'estudis i a les indicacions del departament, s'ha passat d'una assignatura anual a una de quadrimestral mantenint el nombre de competències genèriques. Per aquest motiu hem hagut d'estudiar a fons els continguts i realitzar petits ajustos durant força quadrimestres per cercar les millors solucions. En aquest sentit, les enquestes que sistemàticament hem anat recollint amb les opinions dels estudiants, tal com es presenten a la secció 4.4.3, han estat determinants per ajustar la càrrega de treball.



Fig. 76. Eines EDA/CAD industrials usades alternativament a CSD.

Els circuits combinacionals i els sistemes seqüencials d'ED constitueixen la base de CSD que hem eixamplat amb eines EDA usades a SED. Per exemple, s'han deixat de minimitzar funcions amb mapes de Karnaugh per realitzar la mateixa feina amb programari basat en els algorismes Espresso⁴⁶. Així mateix, la base per al disseny i

⁴⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Espresso_heuristic_logic_minimizer

simulació de circuits digitals ha estat el llenguatge VHDL usat professionalment amb les eines subministrades pels fabricants líders del sector: Lattice Semiconductor, Altera i Xilinx, com mostra la Fig. 76.

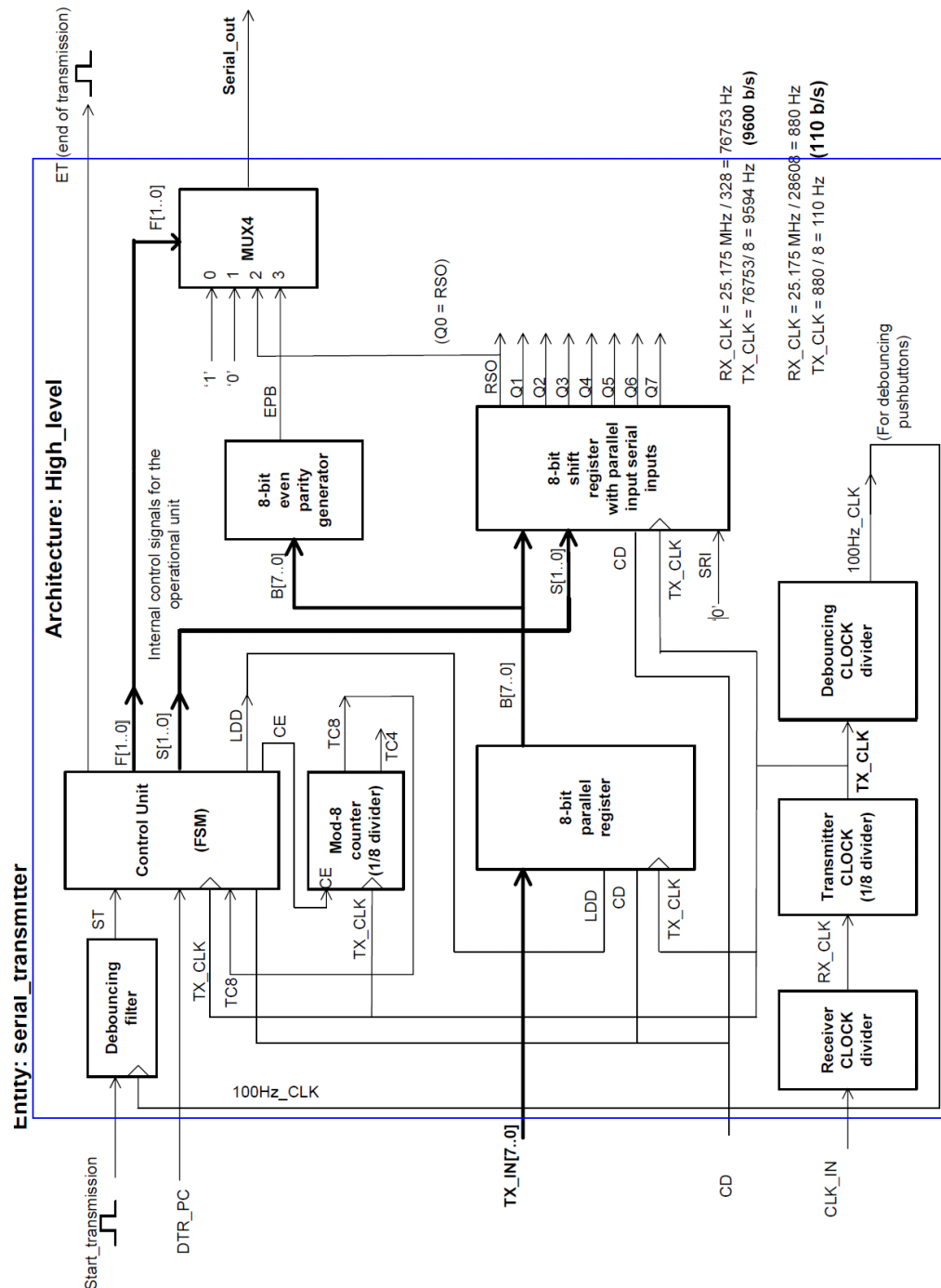


Fig. 77. Exemple d'exercici de CSD⁴⁷ que inclou tòpics dels tres primers temes on es treballa en VHDL: un processador dedicat transmissor de dades sèrie asíncron.

El programari EDA l'alternem cada quadrimestre pels avantatges remarcables que això representa: els alumnes implementen projectes amb eines industrials assajant el

⁴⁷ <http://digsys.upc.es/ed//CSD/terms/1112Q1/probl.html#EX3>

paper d'enginyers de maquinari com si ja estiguessin treballant i, els professors ens hem de mantenir al dia en les tecnologies de la nostra àrea al mateix temps que podem reutilitzar problemes d'un quadrimestre al següent amb poques modificacions. En canviar les eines canvien substancialment el desenvolupament i la verificació del problema mantenint-ne però les especificacions i el plantejament, dels quals tenim els apunts generats en els cursos precedents. La Fig. 77 mostra un exemple de fins a on es pot arribar organitzant els continguts amb aquestes premisses. Fixem-nos que pràcticament se'ls proposa el disseny d'un subsistema processador digital dedicat (capítol 3 de CSD) que en el capítol següent sobre microcontroladors, esdevindrà subsistema perifèric de comunicacions sèrie que s'aplicarà en algun altre disseny. Una aplicació d'aquesta envergadura en *top-down* de forma modular, permet organitzar el treball cooperatiu de pràcticament tota la classe durant gran part del curs, perquè el disseny dels components del sistema s'integra en els exercicis dels successius capítols. La solució final del problema, que s'assoleix en assemblar més de 25 fitxers font VHDL, ha de funcionar en sintetitzar-se en un PLD.

Pel que fa als microcontroladors, amb el temps disponible no es pot treballar amb la metodologia tradicional explicant des de zero l'arquitectura d'un microprocessador i començant a programar pas a pas, potser fins i tot en llenguatge ensamblador i més tard en llenguatge C, ampliant els dissenys per incloure perifèric a perifèric i continuant amb les interrupcions i altres mecanismes *hardware*, invertint un quadrimestre complet en el desenvolupament d'un sol tema. En el nostre cas, la decisió fonamental ha estat imaginar-nos que, amb temps suficient, podríem continuar descrivint circuits en VHDL fins a construir el nostre propi microprocessador, però en lloc de dur-ho a la pràctica, hem passat directament a dissenyar els mateixos problemes especificats en els capítols anteriors basant-los ara en microcontroladors. És a dir, reutilitzant pràcticament tots els conceptes adquirits en els temes anteriors ens hem proposat introduir directament la tecnologia dels microcontroladors com una alternativa més als dissenys que ja s'han muntat anteriorment. Per exemple, la Fig. 78 mostra la clàssica FSM que se sintetitza en un xip programable a partir de la qual proposem als estudiants el disseny de sistemes seqüencials i processadors dedicats. Els estudiants han entès significativament aquesta estructura clau perquè l'han aplicat en diversos dissenys durant els primers capítols. Llavors, sobre la base del maquinari d'un microcontrolador comercial en lloc de la d'un PLD, organitzem la programació en llenguatge C de la FSM amb les adaptacions proposades a la Fig. 79. Consegüentment, per a ells, atenent al temps disponible per tractar aquest capítol, l'estudi del microcontrolador representa una alternativa més al disseny de les mateixes aplicacions que ja han estudiat amb antelació. En tot cas, si escullen assignatures optatives de l'àrea, tindran una base molt sòlida per a aprofundir en el coneixement d'aquestes tecnologies. Per dur a terme amb efectivitat aquesta forma de treballar és imprescindible subministrar-los models, plantilles i fitxers d'arrencada d'aplicacions concretes que funcionin i que ells puguin usar directament com a teoria de l'assignatura. A la pàgina web de la matèria es poden consultar altres exemples orientats en la mateixa línia.

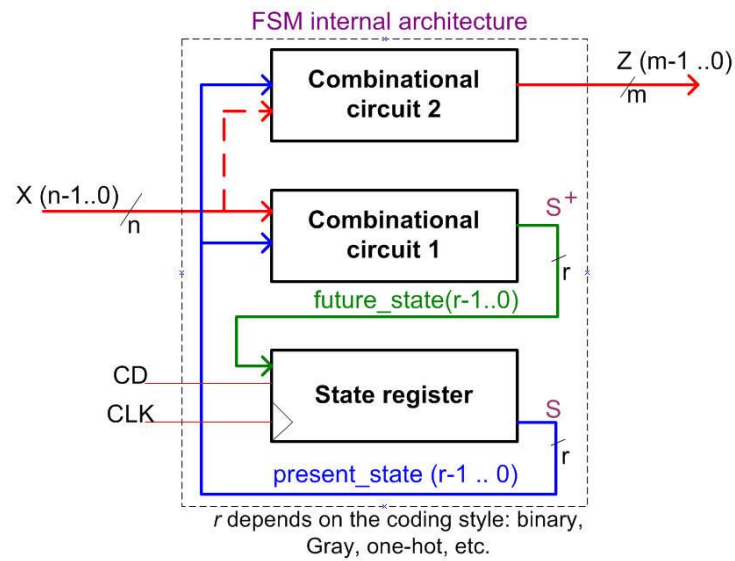


Fig. 78. Conceptes i diagrama de blocs d'una màquina d'estats finits (FSM) tal com es descriu en llenguatge VHDL i se sintetitza sobre un dispositiu lògic programable.

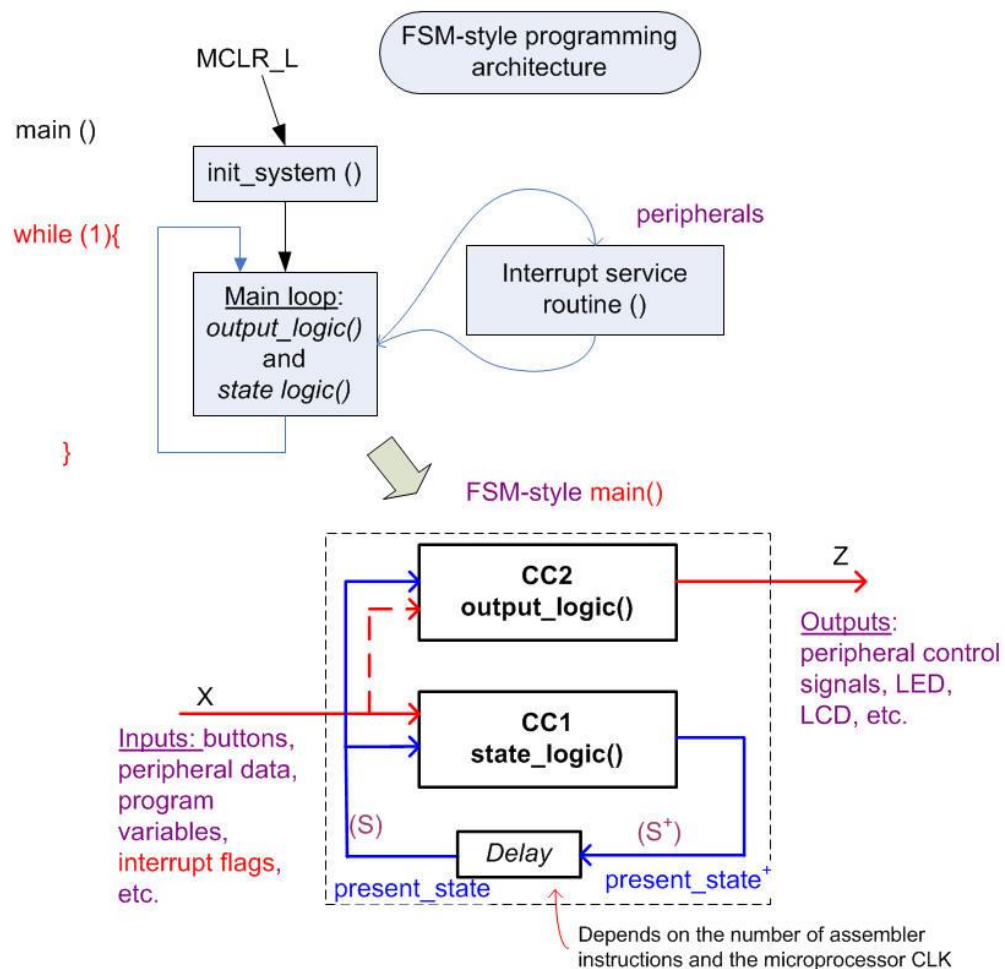


Fig. 79. Estratègia d'adaptació per poder programar en llenguatge C una FSM que s'executa sobre un microcontrolador.

3.4.3.3 Avaluar sense exàmens de coneixements mínims i optatives

Finalment, l'altre aspecte important de l'assignatura és l'adaptació que hem hagut de realitzar a l'esquema d'avaluació per assegurar-nos l'encaix dintre de la normativa de la universitat. El punt de partida que volíem replicar, per assegurar el correcte funcionament del treball cooperatiu, era l'organització dels testos individuals de coneixements mínims desenvolupats a l'ED en el context del pla pilot d'adaptació a l'EEES, descrits a la secció 3.1.4.2. No ha estat possible encaixar el concepte de "mínims", és a dir, uns coneixements imprescindibles sense els quals no es podia aprovar la matèria, en els nous estudis de grau. Essencialment, encara que el gruix de l'avaluació sigui de treball en grup, cada estudiant havia d'assegurar individualment un coneixement bàsic dels punts clau de la matèria, els quals s'assolien amb facilitat si s'havia treballat en grup amb eficiència i responsabilitat.

Així doncs, hem hagut de cercar alternatives d'avaluació que permetessin assegurar la qualitat del treball en grup. Cada assignatura de l'EETAC que incloïa el concepte de mínims individuals ha hagut d'adaptar-se d'una forma o altra i cercar alternatives o, si no, abandonar el treball cooperatiu per la impossibilitat de garantir l'exigència individual que, com s'ha descrit a la secció 2.3.1, és un dels trets definitoris d'aquesta metodologia activa. A l'assignatura CSD hem optat, després de diverses provatures, per mantenir 4 proves individuals de coneixements bàsics que assegurin que els estudiants han participat amb aprofitament en la resolució dels exercicis en grup. Si un estudiant aprova els treballs de grup però suspèn el test de coneixements bàsics, veu reduïda la qualificació del seu exercici de grup a un 4. És a dir, les qualificacions dels treballs en grup són provisionals, i sols es consoliden si individualment demostren que han participat en l'elaboració amb aprofitament. Per suposat que, tal com passava amb els controls de mínims d'ED, tenen dues oportunitats durant el curs per superar cadascun dels 4 controls.

L'esquema d'avaluació de CSD no és tan robust com el d'ED, en realitat té esclatxes que faciliten el comportament estratègic d'alguns estudiants que s'ho poden permetre: si algun d'ells manté un bon nivell durant el curs i decideix no fer tant d'esforç a l'últim capítol, s'ho pot permetre perquè amb les mitjanes assoleix l'aprobat sense que el docent pugui fer-hi res. Semblantment a com passa amb els exàmens tradicionals: si hi ha quatre problemes i en realitza sols un parell perfectament bé, ja aprova, i el professor pot imaginar-se que l'estudiant sols ha treballat la meitat dels continguts del curs. En definitiva, es tracta ni més ni menys que del gravíssim perjudici que comporta la supressió del concepte de "mínims" a les normatives acadèmiques.

Davant de les limitacions descrites a l'avaluació de CSD, la solució que contemplem per assegurar l'aprenentatge significatiu davant de la improbable modificació de la normativa acadèmica és, una vegada més, el plantejament de les assignatures amb encadenament de continguts i desenvolupament gradual de competències genèriques, de forma que encara que es comenci una matèria nova s'hagin d'estudiar ineluctablement amb profunditat els continguts previs. Hem d'aconseguir que els temes dels quals l'estudiant estratègic ha decidit desentendre's siguin

imprescindibles per abordar la pròxima matèria. I amb aquest objectiu hem preparat les nostres assignatures optatives dels estudis de grau.

Per exemple, l'assignatura optativa SDR ubicada en els anteriors estudis d'enginyeria tècnica, seguint la línia encetada a SED, es va proposar dividida en 2 grans blocs: tema 1, sistemes digitals basats en dispositius lògics programables (PLD) i tema 2, sistemes digitals basats en microcontroladors (μ C). D'aquesta manera es pretén ampliar els coneixements i possibilitats que ofereix l'àrea fins al punt de permetre'ls de concebre i realitzar aplicacions avançades o el projecte de fi de carrera amb eines professionals i totalment actualitzades. En tractar-se d'optatives a les quals poden matricular-se estudiants amb diferents trajectòries, pel que fa al tema 1 cal indicar que s'adaptarà el contingut a cada estudiant en particular, en el sentit que si l'alumne ja ha cursat anteriorment SED, en aquesta matèria optativa podrà aprofundir-hi desenvolupant aplicacions basades en arquitectures de sistemes monoxip (SoC). Quant al tema 2, si l'estudiant en té les bases, treballarà amb microcontroladors PSoC de Cypress Semiconductor, dispositius que incorporen mòduls de circuits analògics programables en el mateix xip i l'entorn integrat de desenvolupament (IDE) inclou una etapa de configuració prèvia de l'arquitectura del sistema abans d'iniciar la programació en C o assemblador del microcontrolador.

Amb l'experiència adquirida a SDR en el pla extingit d'enginyeria tècnica hem adoptat la mateixa estratègia, amb poques variacions, per proposar l'optativa ISECI dels nous estudis de grau. Les activitats PBL en aprenentatge cooperatiu, la planificació i seguiment setmanal dels grups, la visualització amb portafolis electrònics de les memòries dels projectes dissenyats, etcètera, són les eines que permeten particularitzar els continguts al currículum de cada estudiant, al mateix temps que els mantenen motivats tot el curs perquè desenvolupin les tasques encomanades.

3.4.4 Assignatures de competències genèriques i tutoria d'estudiants

A més de les experiències descrites fins ara, a partir de les quals s'han obtingut resultats significatius pel que fa a la integració de competències genèriques i continguts, que permeten validar la proposta de metodologia docent d'aquest treball, s'han de remarcar un parell d'experiències col·laterals en les quals hem participat, encarades les dues a l'aprenentatge de competències genèriques: assignatures de lliure elecció de Lideratge de Grups per als alumnes que acaben els estudis i reforçament del Pla Tutorial de la UPC destinat als alumnes de nou accés. La tutoria acadèmica individualitzada a nivell universitari [148] ha estat una funcionalitat implementada a l'escola des de la seva creació.

Des del començament del pla pilot d'adaptació a l'EEES, l'aproximació de l'EETAC a l'adquisició de competències genèriques ha consistit a tractar d'incrustar-les en les assignatures convencionals, més que no pas a proposar assignatures dedicades a l'assoliment d'objectius exclusius d'aquestes competències. Potser perquè des de sempre s'ha comptat en els estudis d'enginyeria tècnica amb l'assignatura específica Tècniques de Comunicació Oral i Escrita (TCOE) de primer curs en la qual s'observaven tant els avantatges com les limitacions. Per tant, no és una novetat

impulsar per exemple optatives amb la mateixa finalitat. Així doncs, en alguns dels quadrimestres immersos en el pla pilot de l'EEES, es van preparar les assignatures de lideratge de grups amb el doble objectiu de reforçar el pla d'acció tutorial⁴⁸ de l'EPSC [149] per millorar el rendiment dels estudiants de la fase inicial al mateix temps que s'oferia als estudiants sènior un entorn per desenvolupar estratègies de lideratge per completar la seva formació en competències genèriques.

Els objectius d'aprenentatge d'LG1 i LG2 tenien una doble vessant per als estudiants. D'una banda se'ls proposava treballar el conjunt de temes relacionats amb lideratge d'empreses i equips de treball: principis bàsics, gestió del temps, planificació i conducció de reunions de treball, delegació de responsabilitats, etc. De l'altra, havien de realitzar les tasques de company tutor dels grups de tutoria acadèmica de l'EPSC, els quals estaven assignats a un professor tutor. És a dir, els estudiants d'aquestes matèries optatives feien pràctiques ajudant el professor tutor a aconseguir els millors resultats dels estudiants que tenia tutoritzats.

Paral·lelament al desplegament d'aquestes optatives de suport acadèmic es proposava l'experiència de la carpeta de competències de l'EPSC ([120] i [150]), un portafolis de tipus aparador (vegeu la Fig. 30) que voluntàriament havien d'anar construint els estudiants a mesura que superaven els estudis col·leccionant treballs en diversos formats. D'entre totes les assignatures, en algunes hauran realitzat treballs de qualitat que estiguin especialment interessats a mostrar. Per això és més que convenient en finalitzar els estudis, a punt d'acabar el projecte de fi de carrera, es plantegi l'edició d'un portafolis que els inclogui per mostrar així les seves habilitats i destreses de cara a un possible ocupador que el vulgui contractar. Convé que aquest portafolis global dels estudis estigui organitzat per competències professionals i que en cadascuna de les seccions es mostrin evidències del seu assoliment. Aquesta classificació és una forma senzilla de reflexionar i observar en quina matèria o habilitat encara no estan prou formats i què podrien fer per millorar abans de graduar-se. La capacitat de millora de manera continuada els serà essencial per tenir èxit al món professional.

Essencialment aquest portafolis pretén documentar cinc competències genèriques, és a dir, no estrictament lligades a una assignatura concreta del pla d'estudis, sinó que poden desenvolupar-se a qualsevol assignatura. Quatre de les competències genèriques són de caràcter professional i són prioritàries per a l'EETAC:

- 1) Capacitat de treballar en equip.
- 2) Capacitat de treballar per projectes.
- 3) Capacitat de comunicar-se amb eficàcia.
- 4) Capacitat de aprendre de manera autònoma.

La cinquena competència és de caràcter acadèmic i està lligada amb la tutoria:

- 5) Capacitat de planificar de manera adequada els estudis analitzant el propi rendiment acadèmic i prenent decisions adequades pel que fa a la matriculació en assignatures.

⁴⁸ http://digsys.upc.es/sed/Web_PAT-EPSC/index.htm

El projecte, tal com explica la web [120], va preveure una avaluació amb tres fases en què en cadascuna s'aconseguien un parell de crèdits de lliure elecció. Així mateix, es va preparar una rúbrica per facilitar i objectivar el procés d'avaluació de les carpetes, tal com mostra la Taula 37. Els tutors acadèmics i els companys tutors dels estudiants que optaven a construir la carpeta, és a dir, els alumnes matriculats a les optatives de Lideratge de Grups, eren els encarregats de realitzar l'avaluació.

Criteris de qualitat per a la carpeta de competències			
Criteri	Molt bé	Millorable	Insuficient
Acompliment del calendari	L'estudiant ha lliurat les diferents versions de la carpeta segons el calendari establert. També ha lliurat totes les activitats de coavaluació en els temps sol·licitats.	L'estudiant ha de lliurar alguna de les versions de la carpeta programades o l'avaluació de la carpeta dels companys assignats.	L'estudiant no ha lliurat cap de les versions de la carpeta que estaven programades per a una data determinada. L'estudiant tampoc ha lliurat les avaluacions de les carpetes dels companys que se li havien assignat.
Estil de redacció	Predominen les frases amb una longitud de màxim 3 línies. Els signes de puntuació estan ben usats i ajuden a comprendre la frase sense cap dificultat. Les idees estan connectades les unes amb les altres. El text no conté faltes d'ortografia. Presenta coherència en els temps verbals i la forma del verb és l'activa.	Alguna de les frases supera l'extensió recomanada (2-3 línies), encara que els signes de puntuació ajuden a comprendre sense dificultats. Alguna idea sembla desconnectada de les altres. Presenta coherència en els temps verbals, encara que apareixen frases en passiva. El text no té faltes d'ortografia.	Predominen les frases llargues i mal construïdes. No s'usen correctament els signes de puntuació (substitució de punts per comes o punts i comes). Canvia de temps verbal sense justificació. Apareixen nombroses frases amb el verb en forma passiva o en gerundi. El text conté faltes d'ortografia.
Descripció de l'aprenentatge	El text descriu de forma clara l'aprenentatge o les millores assolides en cadascuna de les competències.	En algun cas, el text no acaba de descriure amb claredat el que s'ha après o el que s'ha millorat amb relació a la competència en qüestió.	El text descriu simplement coses que s'han fet, però no comunica amb claredat què és el que s'ha après o millorat amb relació a les competències.
Objectius de millora	Els objectius de millora per a cadascuna de les competències són clars i s'exposen accions concretes i terminis raonables.	Indica punts dèbils del seu aprenentatge però no concreta quins són els que pensa millorar. Els terminis no apareixen en el pla de millora.	No indica quins són els objectius de millora ni els terminis.
Evidències	Les evidències aportades per cadascuna de les competències són un bon exemple del que s'ha après o millorat.	En algun cas no s'observa clarament la relació entre les evidències aportades i les millores que s'han descrit.	Les evidències aportades no sembla que tinguin relació (o potser una de molt dèbil) amb les millores que s'han descrit al text.

Taula 37. Rúbrica per corregir la carpeta de competències de l'estudiant de l'EETAC.

A partir dels nous estudis de grau, el tema del desplegament –i avaluació– de competències genèriques es va reprendre simplement associant-les a les assignatures

convencionals pretenent que, tant si els professors proposaven metodologies actives com si no, es comprometessin a desplegar-les fins a un cert nivell. Així mateix, el projecte de la carpeta de competències es troba a l'espera de replantejament. Segurament és un indicatiu de les dificultats que hi ha rere un projecte tan ambiciós.

Des del meu punt de vista, amb la raó de l'experiència adquirida i tal com s'ha justificat en aquesta tesi, és molt discutible que sense promoure docència del tercer nivell en un bon nombre d'assignatures s'assoleixi una pràctica satisfactòria de gran part de les competències genèriques, sobretot les més instrumentals. Es tracta d'un tema força complicat de planificar en els estudis que encara està pendent de revisió i de resolució definitiva. Probablement donaria per a l'elaboració d'una altra tesi, particularment el tema de l'avaluació, tal com s'ha explicat a la secció 2.4. Hi ha grups de treball interuniversitaris que fan recerca en aquest sentit [151]. En el capítol 5 de conclusions d'aquest treball exposaré propostes d'organització per avançar en la solució de l'aprenentatge de competències genèriques.

4 Resultats d'experiències

En aquest capítol proposem l'anàlisi dels resultats obtinguts en algunes de les experiències per tal de demostrar que l'organització d'assignatures seguint els patrons del mètode proposat en els capítols anterior dóna resultats acceptables que verifiquen les hipòtesis inicials. Centrarem l'anàlisi i la discussió en els casos en què disposem de dades: el rendiment acadèmic a les diverses assignatures on hem impulsat experiències, el temps d'estudi emprat pels estudiants, la possibilitat d'autoavaluació, les valoracions dels estudiants sobre les assignatures, l'aprenentatge de continguts a través de l'anglès i l'estimació de la càrrega docent del professor immers en el marc d'aquestes experiències docents.

4.1 Anàlisi del rendiment acadèmic dels estudiants

4.1.1 Comparativa de rendiments acadèmics del 2A pla vell

La Fig. 80 presenta el rendiment obtingut a l'assignatura ED fins a la fase d'extinció pel canvi de pla d'estudis. Les innovacions docents varen començar el 02-03 QT en un grup-classe pilot. En general, amb estudiants del segon quadrimestre del primer curs (1B) és difícil superar el llistó del 85% d'aprovat i no ho és tant baixar a sota del 65%, percentatge habitual en altres assignatures. Un comportament similar observem a l'assignatura Laboratori de Programació (LP) (Fig. 81), en la qual s'han dut a terme també experiències consolidades d'innovació docent (vegeu per exemple [152]).

El rendiment de les altres dues assignatures del curs 1B d'especialitat, Laboratori d'Electrònica (LE) (Fig. 82) i Sistemes Lineals (SL) (Fig. 83) es presenta per a poder comparar percentatges de rendiment. Independentment dels valors absoluts en cada assignatura, prou diferents en el mateix curs i tema interessant de discussió (per què uns mateixos estudiants presenten rendiments tan dispars en assignatures del mateix quadrimestre?), la tendència és a la davallada de rendiment. Tot i que és molt difícil fer consideracions sobre assignatures i matèries diferents –encara que les cursin els mateixos estudiants–, cal remarcar la correlació entre ED i LP, les assignatures en què s'han canviat substancialment els mètodes docents, i la diferenciació respecte dels rendiments assolits per les altres dues assignatures convencionals LE i SL (les qualificacions d'LE tenen les oscil·lacions més importants de quadrimestre en

quadrimestre). Volem remarcar que les assignatures que han realitzat canvis de metodologia no s'han convertit pas en assignatures on aprovi tothom, ja que en general, el rendiment millora, però no pas accentuadament. S'infereix doncs, que els mateixos estudiants tenen més oportunitats d'aprovar les assignatures que han realitzat canvis de metodologia, com ED i LP.

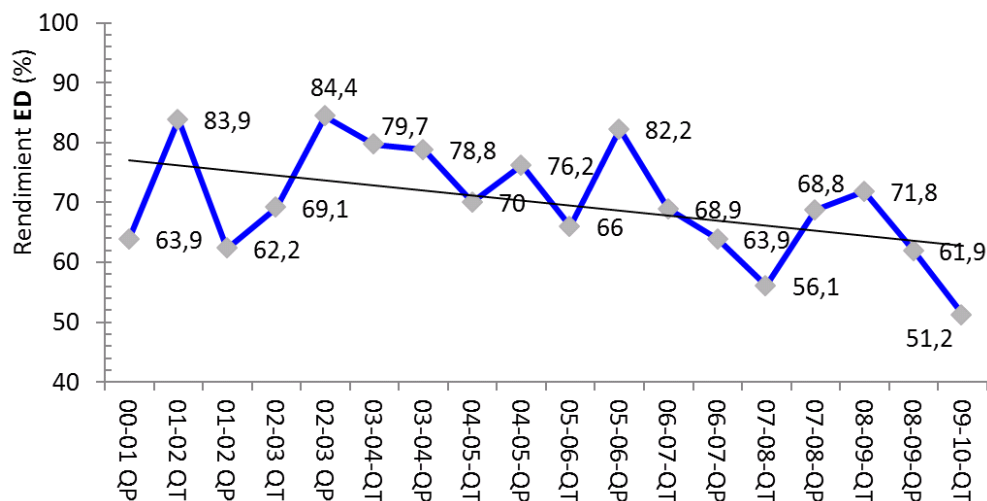


Fig. 80. Rendiment acadèmic d'ED fins a l'extinció del pla d'estudis. Les experiències sobre treball cooperatiu van fer-se a partir del curs 2002-03 QT.

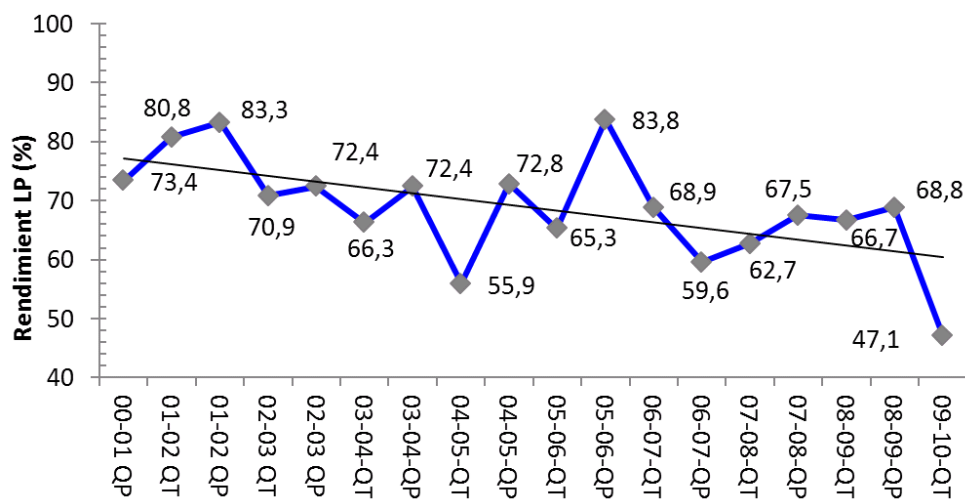


Fig. 81. Rendiment acadèmic d'LP.

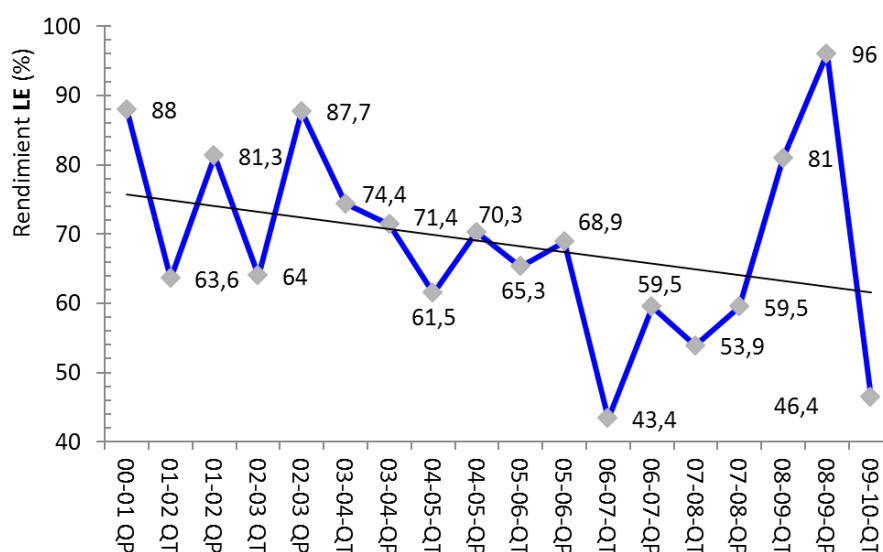


Fig. 82. Rendiment acadèmic d'LE.

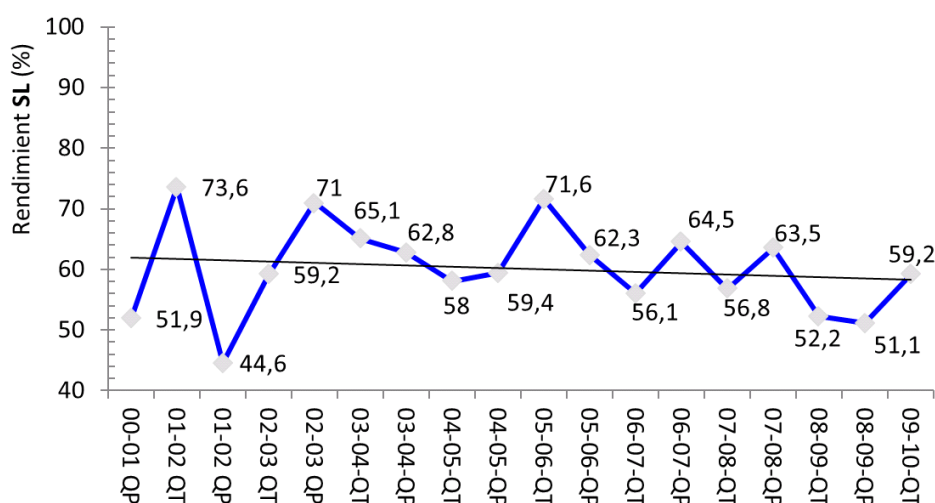


Fig. 83. Rendiment acadèmic d'SL.

La davallada progressiva de rendiment és paral·lela amb la davallada de notes d'accés a la universitat dels estudiants de l'EETAC tal com està representada a la Fig. 84. Consegüentment, podem concloure que si les notes d'accés dels estudiants són baixes, aquests no sols tenen dificultats a aprovar les assignatures convencionals sinó que també se'ls complica força poder aprovar assignatures en què s'han realitzat canvis metodològics.

L'experiència ens ha demostrat que el fet que cada any l'EETAC incorpori estudiants amb notes de tall més baixes implica una dificultat afegida. Aquests estudiants realment tenen mancances competencials i de coneixements força significatives, que no s'havien detectat abans en estudiants de perfil més acadèmic. Aquestes mancances no sols els dificulten cursar assignatures convencionals, també els causen força problemes en les assignatures especialment dissenyades per a integrar competències i coneixements.

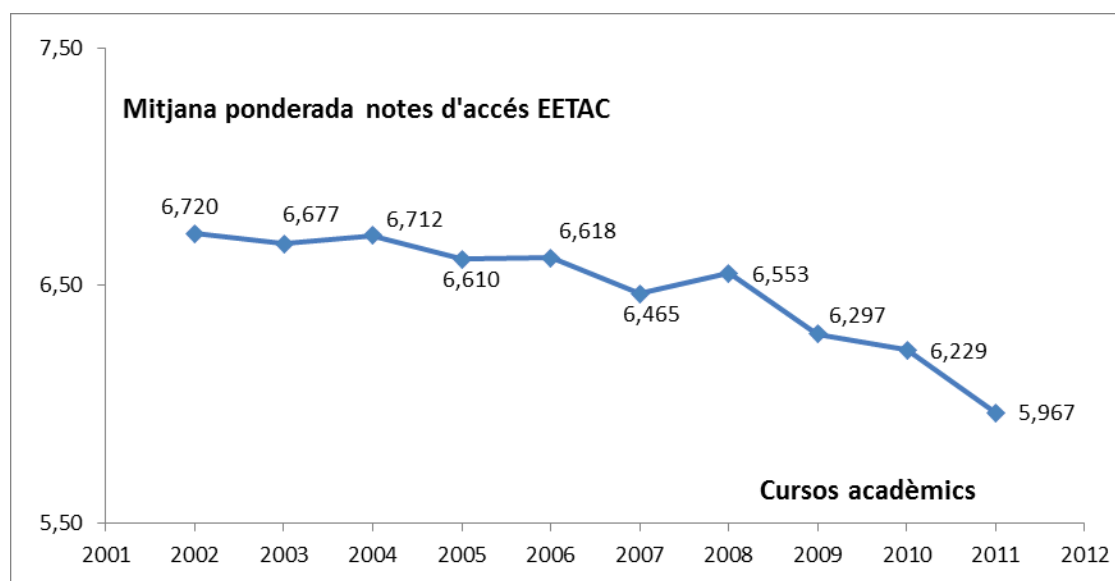


Fig. 84. Mitjana ponderada de les notes d'accés a l'EETAC des del curs acadèmic 2002 fins al 2011.

La conclusió rellevant que en traiem, resultat de l'aplicació sistemàtica de la nostra metodologia durant força anys, i amb la qual no comptàvem, és que aquesta metodologia no resulta senzilla per als estudiants. En general tenen més oportunitats, però si no estan realment preparats i a més els manca motivació, aquestes metodologies actives tampoc funcionen del tot. És a dir, una mateixa metodologia activa, aplicada a estudiants amb notes de tall més altes permet aprovar força més estudiants que una assignatura convencional, ara bé, no és ben bé així si els estudiants ronden les qualificacions límits, ja que aquests suspendran tant o més que en assignatures clàssiques. S'observa que el desplegament de les competències genèriques en arrencar el curs els aclapara prou com per impedir que progressin adequadament.

4.1.2 Rendiment a les primeres experiències de treball cooperatiu d'ED

L'experiència de treball cooperatiu realitzada a l'assignatura ED durant el quadrimestre de tardor del curs 2002/03 va aportar les primeres dades relatives al rendiment assolit respecte del grup que no hi participava [153]. Es tracta de resultats que complementen la secció 3.3, on s'ha explicat com impulsar experiències docents en assignatures grans. La Fig. 85 mostra les qualificacions estimades obtingudes a la setmana 9, tant pels estudiants associats a aquesta experiència (grups-classe 1B1 i 1B3) com pels que han seguit el mètode tradicional (1B2). Fins a aquesta setmana 9, no s'observa gaire diferència entre les qualificacions obtingudes. Cal dir, òbviament, que el grup 1B2 impartit per un altre professor ha realitzat les seves pròpies proves d'avaluació, i això fa discutible la comparació entre el rendiment obtingut pels estudiants que han seguit un mètode o un altre.

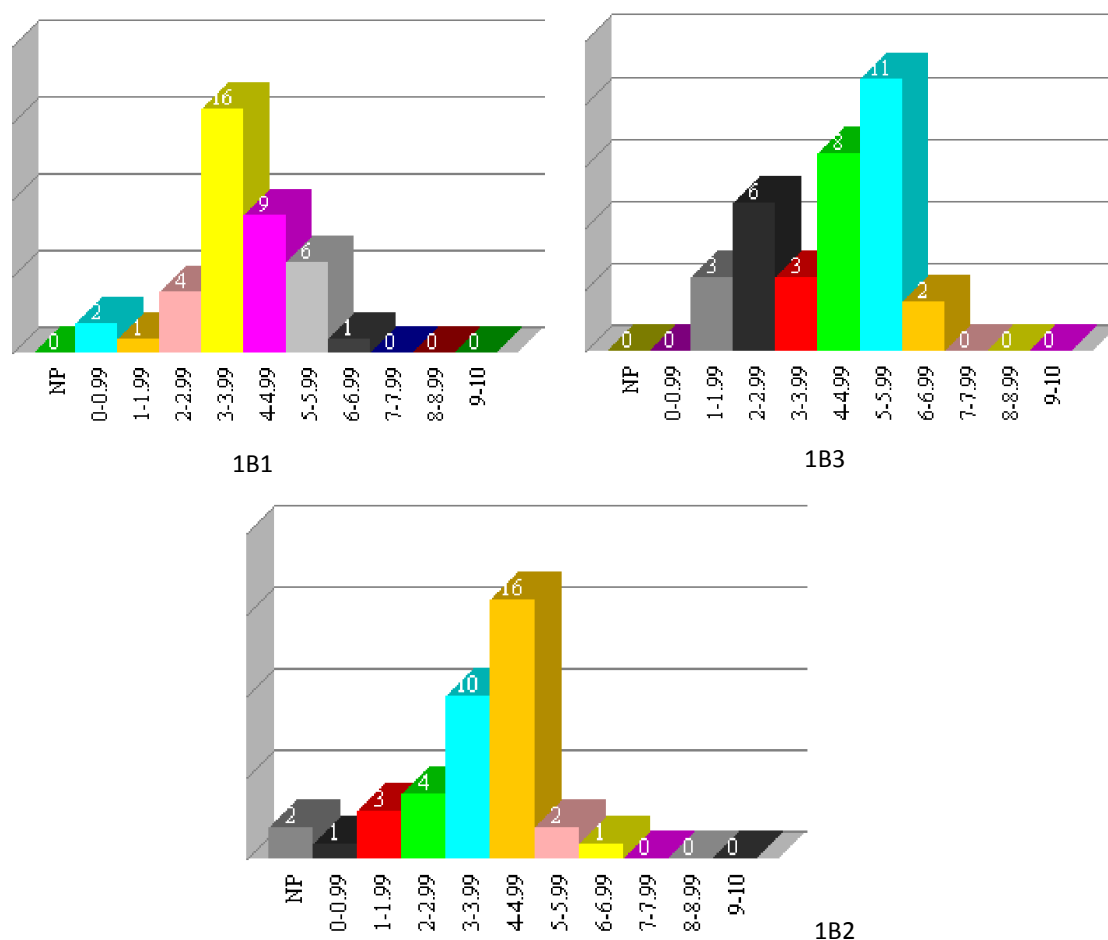


Fig. 85. Qualificacions estimades obtingudes a la setmana 9 després de les proves d'avaluació a mitjan quadrimestre dels grups 1B1 i 1B3, on s'aplica el nou mètode d'aprenentatge cooperatiu, i el grup 1B2 on s'aplica l'ensenyament tradicional.

Durant la setmana 12 (vegeu la Fig. 86) es publiquen de nou al campus digital les qualificacions dels grups amb la intenció que segueixin de prop el seu rendiment i puguin actuar en conseqüència. Tal com s'ha esmentat, el lliurament de nous exercicis, la recuperació de mínims, la millora de la carpeta de curs, han incidit sensiblement en els resultats acadèmics a aquesta alçada de curs. Per això el panorama ha canviat substancialment i l'actitud dels estudiants també, tot i que el 1B1 continua més fluix. El rendiment del grup 1B1 puja al 48,7% i el del 1B3 arriba ja al 60,6%; ambdós grups han millorat molt respecte del que es preveia la setmana 9 (17,9% per al grup 1B1 i 39,4% per al grup 1B3).

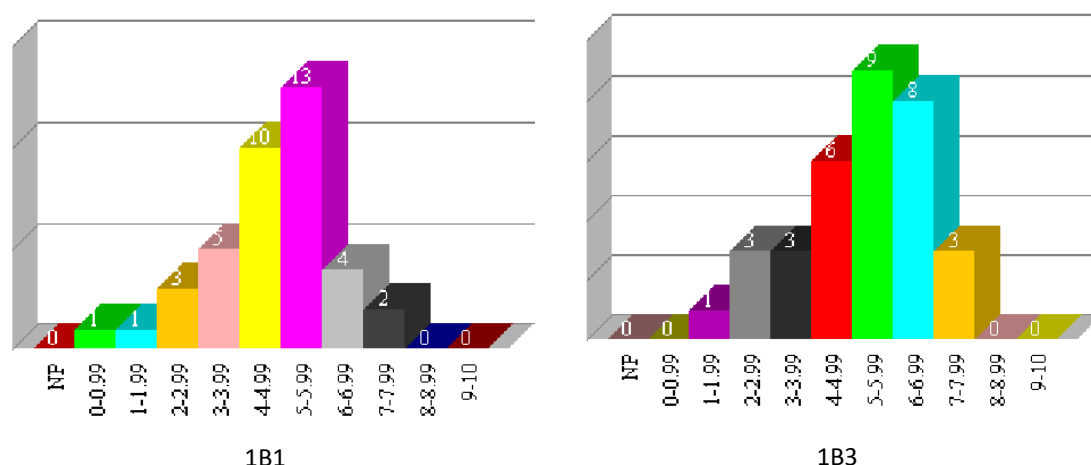
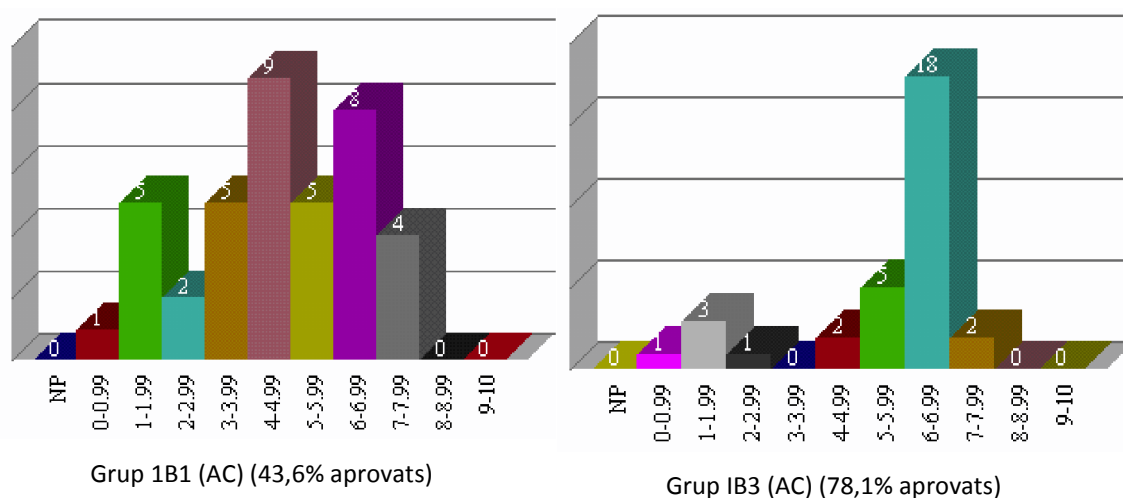


Fig. 86. Qualificacions dels grups cooperatius 1B1 i 1B3 actualitzades a la setmana 12.

Les qualificacions finals del quadrimestre per grups són les representades a la Fig. 87. El grup 1B3 ha pujat fins al 78,1%, i en canvi el 1B1 ja no ha millorat, quedant-se en el 43,6%. Així es pot concloure que amb referència al grup convencional 1B2, el rendiment del qual està en la línia dels cursos anteriors tal com indica la gràfica de la Fig. 80, el grup 1B1 ha quedat molt per sota, mentre que l'1B3 ha quedat per damunt. Hi ha diferència notable de qualificacions entre els grups cooperatius impartits pel mateix professor. Això és una mostra més de la seriositat del mètode en el sentit que no s'aprova tothom com massa sovint es qüestiona a l'hora de valorar aquestes metodologies. El bon rendiment del grup 1B3 no deixa de ser remarcable per l'esforç considerable que ha representat el nivell d'exigència a què han estat sotmesos els seus estudiants. A més de tot el treball en grup, els alumnes han estat avaluats individualment amb 9 controls de coneixements mínims, dels quals se n'han de superar 7 per poder aprovar (vegeu la descripció de l'experiència completa al capítol 3).



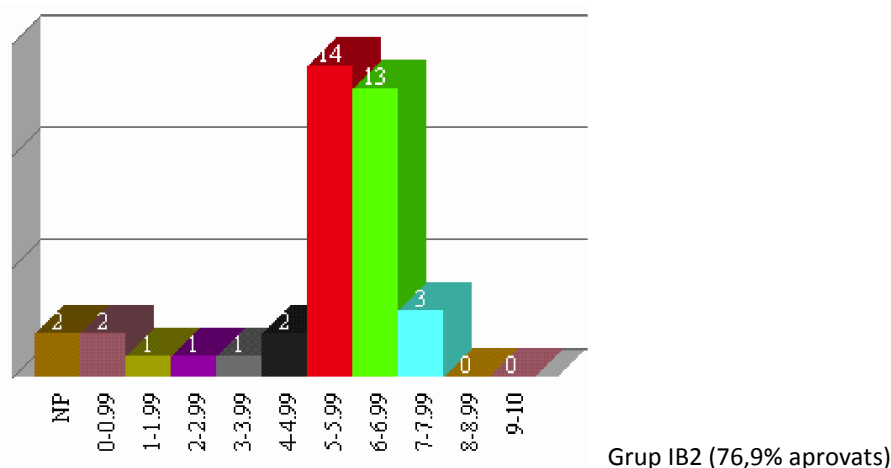


Fig. 87. Gràfica de qualificacions per grup-classe del 02-03 QT d'ED .

Finalment, s'assoleix el rendiment final general del 69,1% representat a la gràfica de la Fig. 88, el qual és del tot homologable amb el d'altres assignatures del mateix curs (SL, 59,2%; LE, 64%; LP, 70.9%).

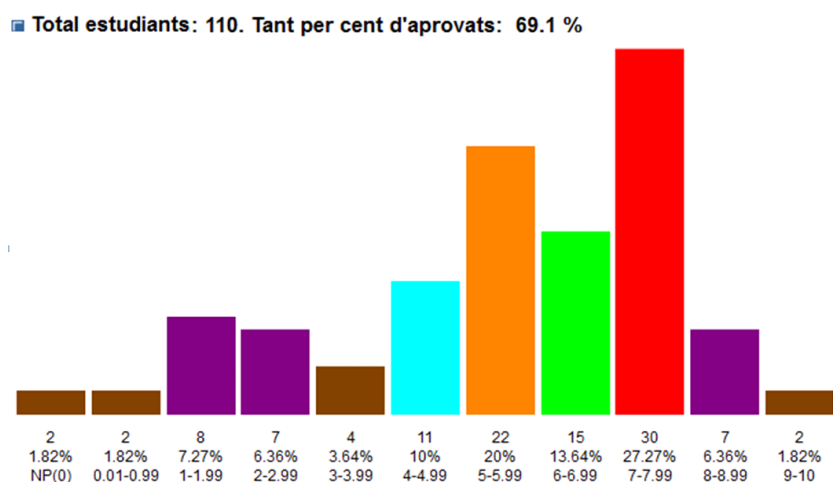


Fig. 88. Rendiment d'ED del curs 2002/03 Q1.

En els grups-classe d'AC els resultats acadèmics són previsibles molt abans que acabi el curs, per exemple a través del seguiment del temps d'estudi de cada grup (vegeu la secció 4.2 en què s'expliquen les eines i es donen altres exemples). Cal destacar la correlació entre el temps de dedicació a l'estudi i les qualificacions obtingudes pels grups 1B1 i 1B3. La Fig. 89 mostra com ha evolucionat el temps d'estudi d'ambdós grups fins a la setmana 12. L'encara baix rendiment del grup 1B1 (48,7%) és degut a que pràcticament han estat tot el curs per sota de la dedicació prevista. S'observa, evidentment, que els estudiants que es dediquen més a l'assignatura, com ara els del grup 1B3, l'aproven amb més facilitat (60,6%).

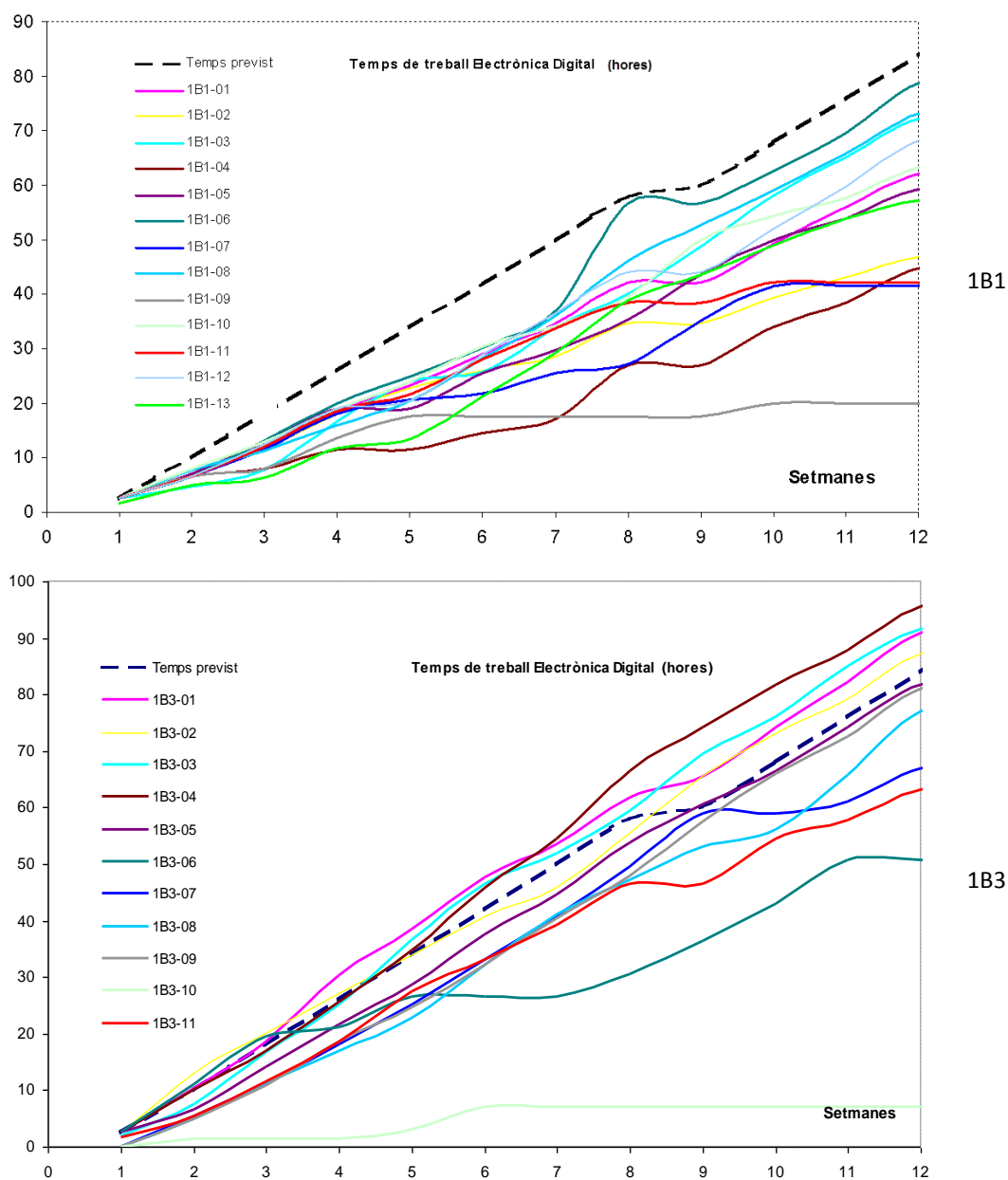


Fig. 89. Temps d'estudi dedicat pels grups-classe d'AC 1B1 i 1B3 a l'ED en hores fins a la setmana 12 del curs.

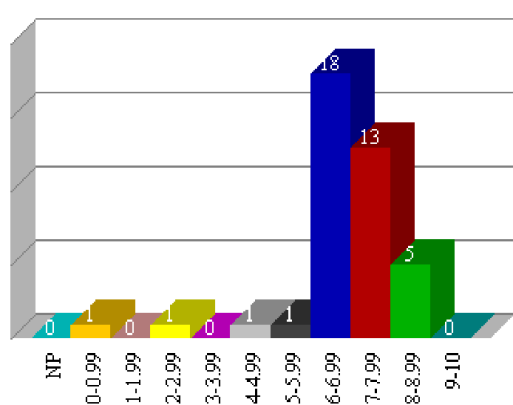
Els resultats obtinguts en aquesta primera experiència són tan encoratjadors que, tot i les dificultats, decidim continuar amb el sistema millorant a poc a poc totes les fases del disseny instruccional.

Els estudiants no manifesten d'entrada un rebuig al nou mètode emprat (vegeu la secció 4.4 sobre les enquestes), tot i que en començar l'activitat rutinària del curs i observar el nivell d'exigència, molts queden sobtats i realment es comprova com no tots tenen la mateixa reacció i predisposició a l'estudi. També s'observa que un dels factors, que en principi no s'havia considerat rellevant, com és l'obligació de treballar de forma continuada durant el curs a un ritme constant per arribar a les

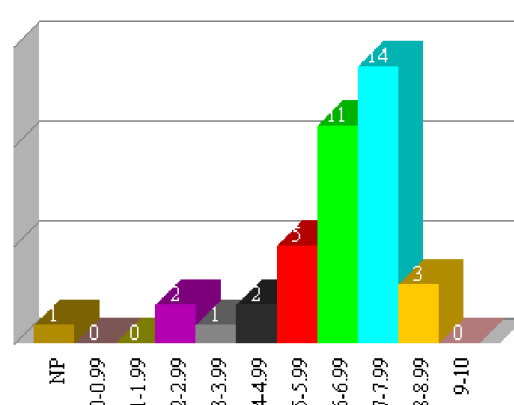
qualificacions necessàries resulta d'una gran dificultat per a alguns estudiants. Sembla que no estan acostumats a aquest nivell d'exigència i ritme de treball.

Els estudiants que personalment veuen més possibilitats d'aprovar l'assignatura seguint un mètode tradicional que no implica aquest esforç mantingut durant el quadrimestre, inicialment no se senten inclinats a seguir el mètode cooperatiu. En canvi, els que d'entrada s'imaginen una assignatura complicada i intueixen les dificultats de superar els exàmens tradicionals, manifesten interès per la nova organització del curs perquè preveuen que anar descobrint l'assignatura amb l'ajuda directa dels companys els pot anar molt bé. Ara bé, això no vol dir èxit assegurat: aquests estudiants són, en general, també els que presenten problemes a l'hora de seguir el ritme constant de treball i requereixen més atenció.

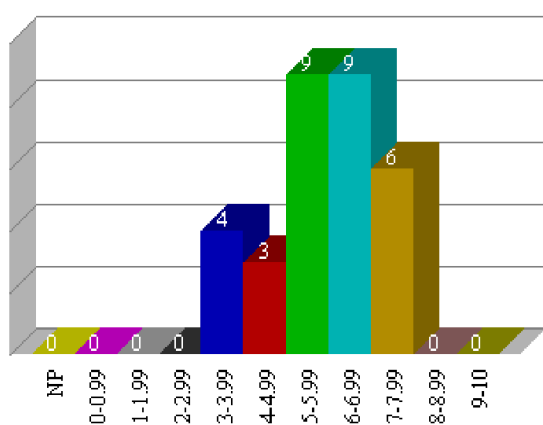
Seguidament, la Fig. 90 mostra els rendiments dels grups durant el següent quadrimestre 2002/03 QP, en què l'experiència de treballar en grups cooperatius ja es va fer extensiva a tothom. Amb el mètode tradicional, en el quadrimestre de primavera els estudiants obtenen unes qualificacions inferiors perquè la majoria cursen la matèria per primera vegada i sempre els és més difícil que quan ja són repetidors. En aquesta experiència ja no és així, en el quadrimestre de primavera també han obtingut un molt bon resultat.



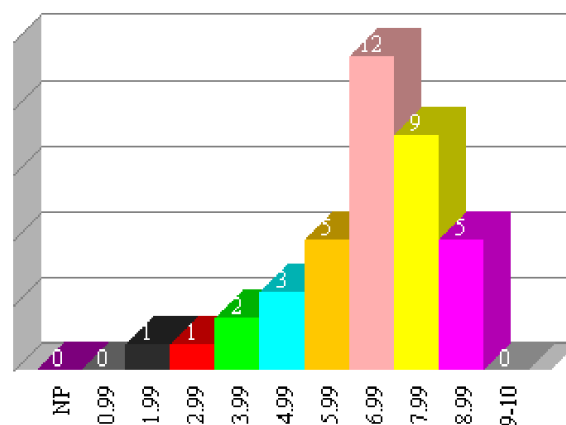
1B1 (92,5% aprovats)



1B2 (84,6% aprovats)



1B3 (77,4% aprovats)



1B5 (81,6% aprovats)

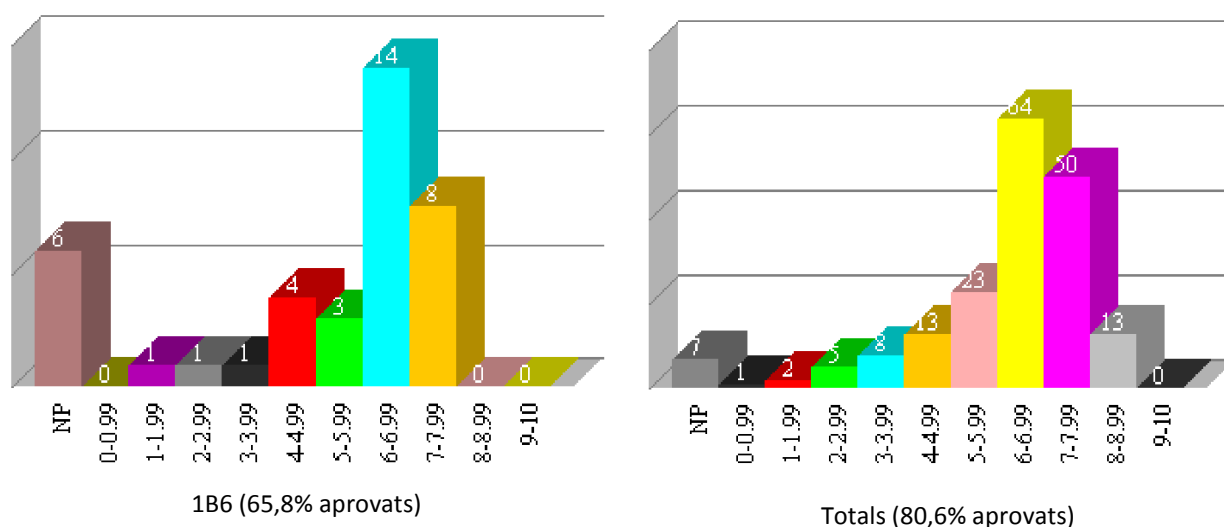


Fig. 90. Gràfica de qualificacions del 2002/03 QP, en el qual l'experiència de l'AC s'ha aplicat per primera vegada a la totalitat dels estudiants.

L'aprenentatge assolit pels estudiants, que amb el mètode tradicional s'estableix bàsicament a través d'un parell d'exàmens, queda molt millorat amb aquest mètode cooperatiu assajat, amb el qual treuen millors qualificacions. El professor és molt més conscient de què aprenen els estudiants i en quin moment del curs ho fan. Es tracta realment d'una avaluació continuada que detecta amb poques setmanes com estan treballant els estudiants i quins problemes poden tenir per superar el curs. Sense cap dubte, aquest fet permet reaccionar amb molta antelació i resoldre les situacions de baix rendiment de la majoria d'estudiants matriculats, exceptuant, en tot cas, els que decideixen abandonar l'assignatura per guanyar temps per estudiar les altres matèries matriculades. Aquests estudiants apareixen a les estadístiques també com a suspesos, i realment no és així. Es tracta d'un cas que s'ha de resoldre implicant els tutors acadèmics i el procés de matriculació, el qual permet en molts casos la matriculació excessiva d'assignatures que després no tenen temps material de cursar amb aprofitament. Aquest fet el mostra l'estadística del grup 1B6, on del total de 13 suspesos en realitat n'hi ha 8 de no presentats. Els estudiants amb notes que no arriben al 3 es poden considerar també com a no presentats, es tracta d'estudiants que abandonen l'assignatura a les poques setmanes d'haver començat el curs tenint ja alguna qualificació apuntada. Vegeu en aquest sentit la feina realitzada en el pla d'acció tutorial [149] explicat a la secció 3.4.4.

És necessari explicar millor aquest perfil de qualificacions perquè és substancialment diferent del que es troba en assignatures impartides de forma convencional. La Fig. 91 mostra un parell d'exemples de perfils típics de qualificacions que s'obtenen treballant amb aquesta nova metodologia [133], que es poden comparar amb les distribucions de la Fig. 92 d'altres assignatures del mateix curs.

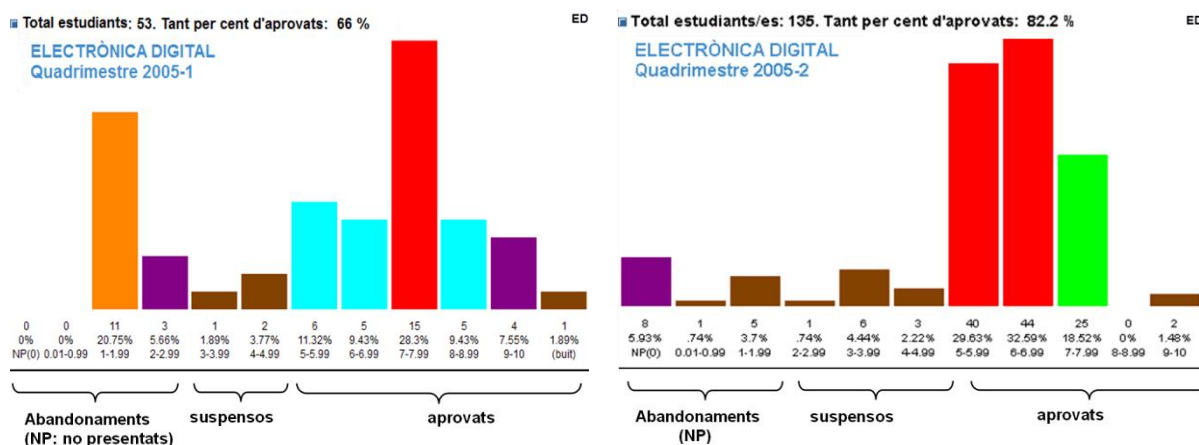
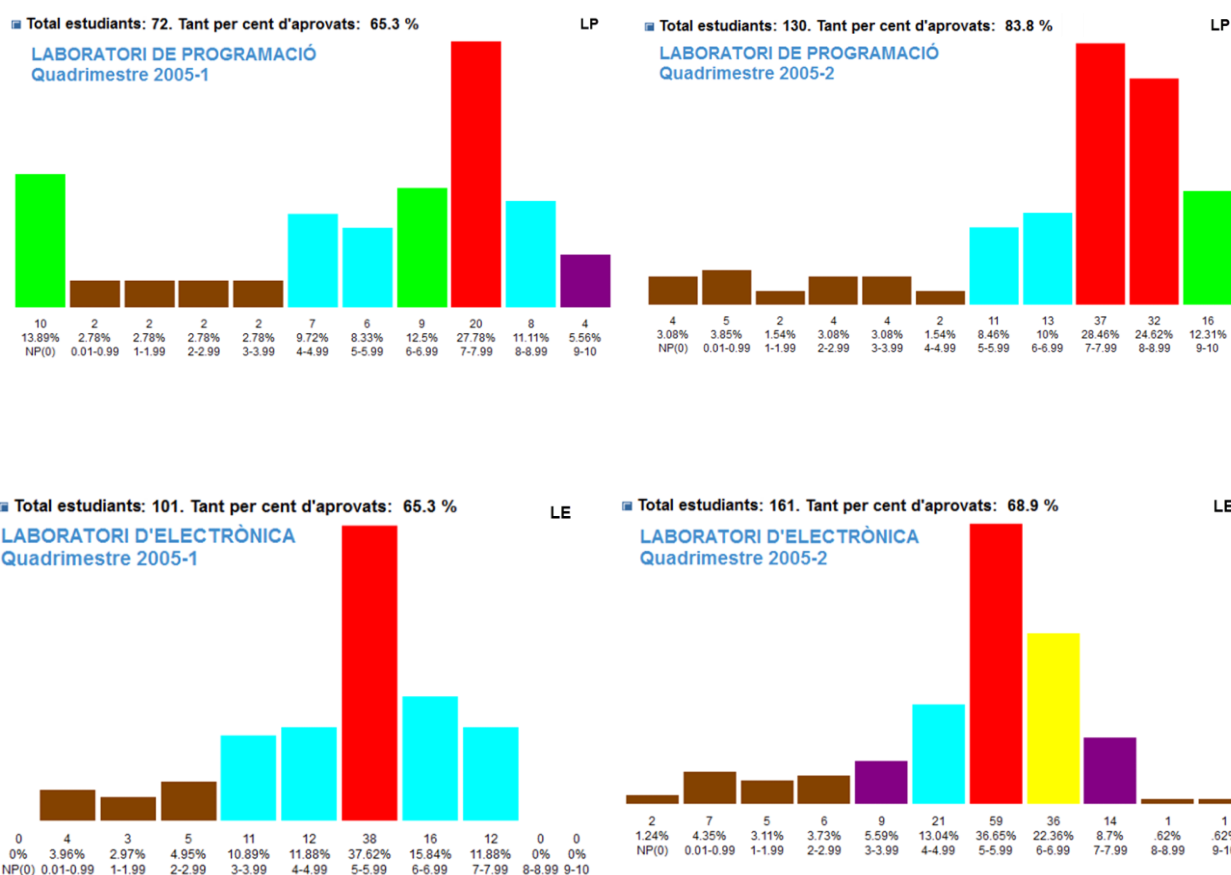


Fig. 91. Exemple de distribució qualificacions d'ED impartida amb el mètode sistemàtic basat en l'AC (05-06 QT i 05-06 QP).



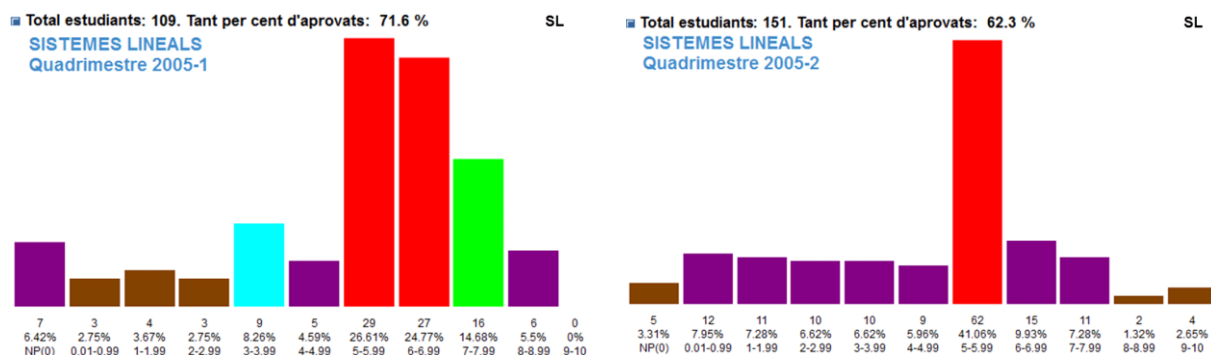


Fig. 92. Exemple de distribució de qualificacions (05-06 QT i 05-06 QP): LP impartida amb metodologia activa, LE i SL impartides amb metodologia tradicional.

Deixant de banda els diferents rendiments assolits, hi ha un parell de característiques a destacar en els histogrames corresponents a les matèries on s'han treballat experiències d'AC (ED i LP): 1) El nombre de suspensos és baix perquè molts estudiants en aquesta situació prefereixen abandonar a meitat de curs i aprofitar el temps per a altres assignatures; 2) el nombre de bones qualificacions augmenta perquè els estudiants que segueixen l'assignatura dediquen més hores a l'estudi i de forma més constant durant el curs. Les assignatures tradicionals com ara LE o SL tenen molts més estudiants matriculats en el quadrimestre de repetició (QT) i el volum de notes se centra al voltant de l'aprobat, amb pocs notables i encara menys excel·lents, tot i que el quadrimestre 1B ja no és tant dràstic com el 1A (vegeu per exemple la distribució a Fonaments Físics (FF), Fig. 93). Es pot interpretar aquest resultat en el sentit que molts alumnes fan sols el necessari per aprovar i poca cosa més. Ells saben (i nosaltres també) que amb els exàmens clàssics aprovar és l'únic que compta, i és difícil motivar-los per estudiar el temari més enllà d'aquest nivell de suficiència. En canvi, en el nostre cas, el nombre de bones notes és molt més alt. La interpretació més vàlida és que han tingut múltiples ocasions d'incorporar significativament els continguts de l'assignatura, encara que sigui perquè realment han dedicat, a més de les hores de classe, moltes hores d'estudi fora de l'aula amb constància a treballar els problemes i projectes. Les activitats avaluades formativament (i sumatòria) han permès un aprenentatge de més qualitat. El portafolis de l'estudiant (vegeu la secció 4.3.2 d'aquest capítol) mostra els treballs realitzats i la seva correcció, i qualsevol persona amb interès pot contrastar-ne la qualitat i l'alineament als objectius del curs.

Aquest patró de qualificacions d'ED es repeteix en els anys: pocs suspensos, que en realitat són no presentats o estudiants que han decidit abandonar a les primeres setmanes per no disposar o no haver previst el temps d'estudi necessari (factor que de retruc pot haver facilitat la millora de rendiment d'altres assignatures basades en exàmens) i un conjunt important de bones qualificacions, fins i tots amb excel·lents i algunes matrícules d'honor. Tot i que cal recordar la tendència a la baixa dels rendiments en els últims anys ja discutida anteriorment, de la qual ni aquestes assignatures basades en mètodes innovadors no se n'escapen.

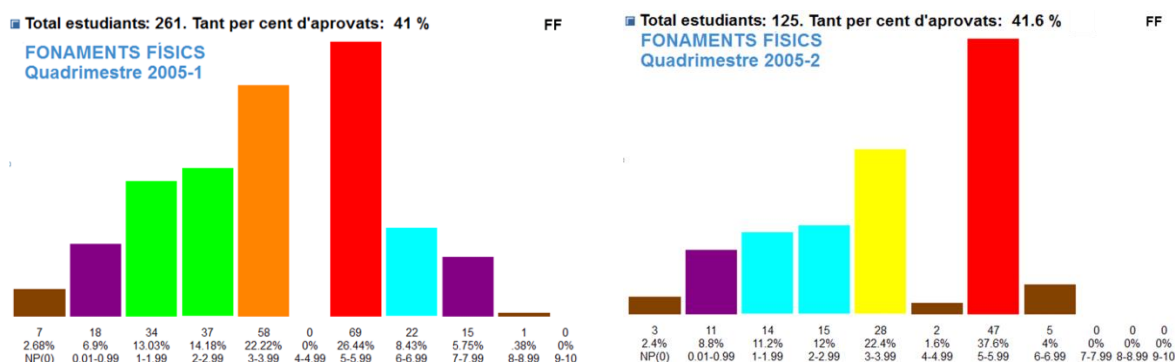


Fig. 93. Exemple de perfil de notes d'una assignatura del quadrimestre 1A (FF) amb ensenyament tradicional (05-06 QT i 05-06 QP).

4.1.3 Rendiment acadèmic dels estudiants a SED

La Fig. 94 representa el rendiment acadèmic d'alguns quadrimestres de l'assignatura troncal Sistemes Electrònics Digitals (SED) del curs 2A. S'hi mostra en marró el rendiment global, i en blau, l'assolit en els grups amb experiències docents de treball cooperatiu i aprenentatge basat en problemes.

En aquesta matèria els estudiants de segon curs, ja amb bastants hàbits d'estudi adquirits i amb força més interès en el temari, assolixen rendiments del 90% o superiors. Tot i que això potser solament és una indicació de què la matèria els resulta més fàcil d'estudiar, ja sigui perquè estan més motivats o perquè el continguts són més assequibles. A l'efecte de comparar rendiments vegeu la Fig. 95, en la qual es mostra els rendiments d'un parell d'assignatures més del quadrimestre 2A, sensiblement inferiors als de SED.

Pel que fa al rendiment obtingut pel grup-classe de SED on s'han realitzat experiències d'innovació docent AC-PBL, que d'altra banda sempre ha tingut menys alumnes matriculats que el grup-classe tradicional, tal com mostra la Taula 38, s'observa que en alguns quadrimestres el rendiment global concorda bastant amb el del grup amb l'AC-PBL i en canvi en d'altres, no tant. És a dir, possiblement no se'n poden treure gaires conclusions perquè, en definitiva, metodologies diferents dutes a terme durant força cursos fins i tot a la mateixa assignatura acaben convertint les assignatures en matèries paral·leles independents, cadascuna amb la seva pròpia dinàmica.

	05/06 QT	05/06 QP	06/07 QT	07/08 QT	07/08 QP	08/09 QT
Grup-classe convencional:	42	34	42	26	29	41
Grup-classe amb experiència d'aprenentatge cooperatiu i PBL:	38	15	20	17	10	10

Taula 38. Nombre d'estudiants matriculats a SED en cursos en què es van realitzar experiències d'AC-PBL.

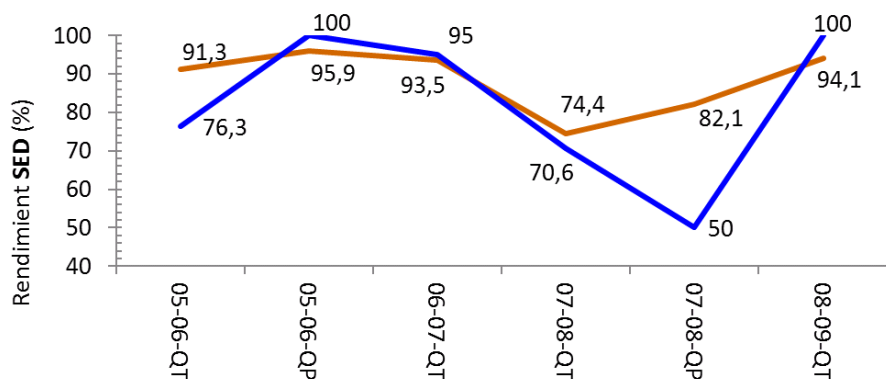


Fig. 94 Rendiment acadèmic de SED. La sèrie de color blau representa el rendiment del grup-classe en què s'han dut a terme experiències d'AC-PBL, i la marró, el rendiment global de l'assignatura.

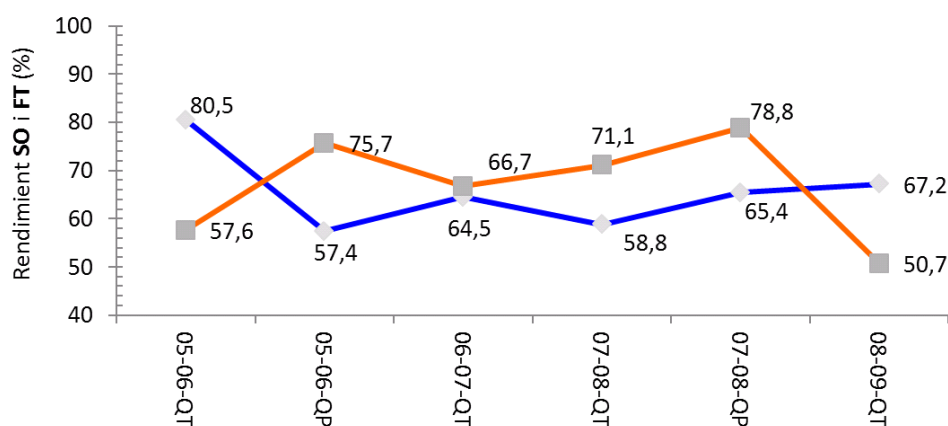


Fig. 95 Rendiment acadèmic d'altres assignatures del 2A: Sistemes Operatius (SO en blau) i Fonaments de Telemàtica (FT en marró).

La Fig. 94 dona també una dada de rendiment per al 07-08-QP del 50%, un rendiment baix en un grup de pocs estudiants. Podria explicar-se com la conseqüència de l'efecte ramat [154] o *herd mentality*, que explica com els individus es deixen influenciar pels companys a l'hora d'adoptar certs comportaments o seguir tendències, una mena de realimentació negativa pel fet de pertànyer a un grup petit (*negative reinforcements from being within a narrow group*). L'actitud que pren un grup davant del repte que implica una assignatura s'acaba imposant a vegades al criteri de cadascun dels individus. Un estat d'opinió o valoració negativa general és difícil de contrarestar i acaba afectant fins i tot als estudiants que en principi estaven disposats a tirar endavant i n'acaba disminuint el rendiment. Pocs estudiants, i a més desmotivats per l'ambient general, acaben complicant molt la feina. És possible que també aquest efecte es produeixi més fàcilment en grups reduïts de 10-15 alumnes, ja que en classes de 30 a 40 hi ha més diversitat i serà més complicat alterar les actituds personals davant d'una matèria per l'ambient general que es pugui formar.

A segon curs és on es veu més clar el rendiment personalitzat. Cada estudiant decideix, seguint els seus criteris particulars, com ara motivació o interès per la matèria, temps que hi vol dedicar, etc., el seu nivell d'implicació en l'assignatura i fins

a on vol aprendre els continguts. En general, troben més assequible l'avaluació continuada a través de la realització de problemes en grup que no pas l'avaluació convencional amb exàmens, i la qualitat amb què estan disposats a realitzar els treballs proposats és d'on es deriven el rendiment i la nota assignada. És a dir, no tots els alumnes tenen la intenció o voluntat de voler fer tots els treballs amb excel·lent, sinó que s'observa que n'hi ha força que, per les raons personals que sigui, en tenen prou amb un aprovat i no aspiren al màxim, sinó que passant curs es donen per satisfets.

Tanmateix, l'experiència a SED durant els cursos en què ha funcionat el pla pilot d'adaptació a l'EEES ens mostra que és possible organitzar una assignatura amb metodologies diferents, és a dir, treballar els objectius d'aprenentatge desplegats amb metodologies diferents i avaluant tant els coneixement com les competències amb els seus propis instruments. Les escoles que permeten aquesta mena d'experiències estan promovent la discussió sobre metodologies en el si de l'equip de professors i dels departaments implicats.

4.1.4 Rendiment acadèmic dels estudiants a CiC

Durant el quadrimestre 06-07-QP es va realitzar una experiència de treball cooperatiu en un grup de pràctiques de laboratori d'una assignatura convencional, CiC, semblant a la d'ED. El que va succeir és que tots els estudiants que van aprovar les pràctiques d'aquest grup també van aprovar la teoria impartida per un altre professor en format convencional. Es va donar una correlació total entre els estudiants que van realitzar correctament les pràctiques i els que van aprovar definitivament la teoria i l'assignatura. Els estudiants que no van rendir a pràctiques tampoc van fer-ho a teoria, la qual cosa generalment no és així, ja que és força habitual en assignatures convencionals trobar discrepàncies entre les qualificacions de pràctiques i de teoria. Els resultats van ser tan encoratjadors que es va proposar realitzar en el futur una experiència en un grup de classe complet, tant de teoria com de laboratori, amb l'objectiu de cercar solucions per millorar el baix rendiment general en aquesta matèria. La proposta es va dur a terme els quadrimestres 07-08-QP i 08-09-QT, de forma que es va poder recollir prou dades significatives per quantificar el rendiment, així com organitzar el curs amb materials força definitius i amb problemes i portafolis amb evidències com s'ha explicat a la secció 3.4.1.

El patró de resultats acadèmics presentat a l'assignatura ED es repeteix novament en aquestes experiències de CiC: s'obté un nombre més elevat d'aprovats que la mitjana de l'assignatura i a més, la distribució de qualificacions mostra que gran part de les bones notes es donen en el grup en què s'ha experimentat. Els grups convencionals mostren un rendiment molt inferior, amb els aprovats situats entre el 5 i el 6, que coincideix amb el habitual dels grups convencionals en aquesta matèria durant força anys.

Tot seguit es presenten els rendiments acadèmics dels grups en què s'han realitzat experiències per part de l'autor i es comparen amb el rendiment general de CiC.

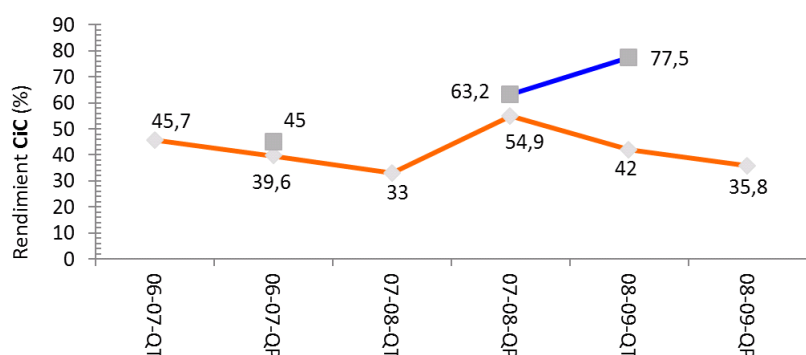


Fig. 96. Rendiment de l'assignatura CiC durant uns quadrimestres (taronja), i rendiment dels subgrups en què s'han realitzat experiències (blau).

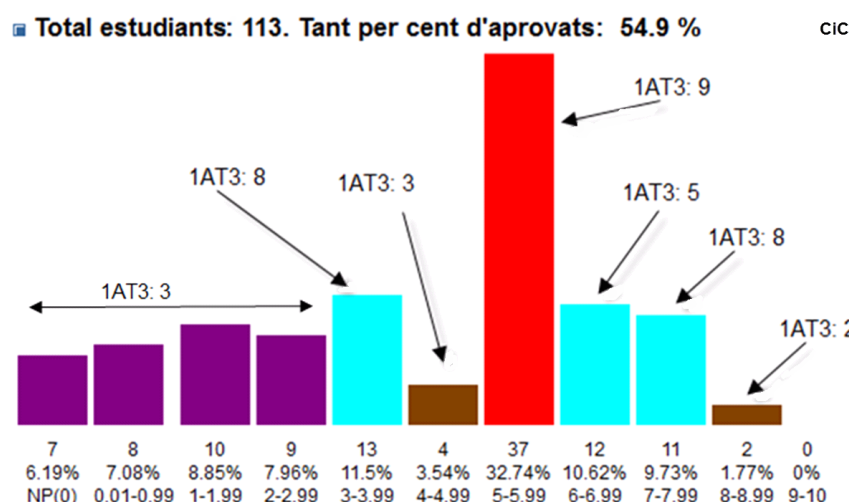


Fig. 97. Resultats acadèmics de CiC del quadrimestre 07-08-QP en què s'observa la distribució de qualificacions. Les indicacions amb fletxes indiquen el nombre d'estudiants del grup 1AT3 en què s'ha realitzat l'experiència pilot, per exemple, a la franja de 7 – 7,99, dels 11 estudiants totals, 8 són de l'1AT3.

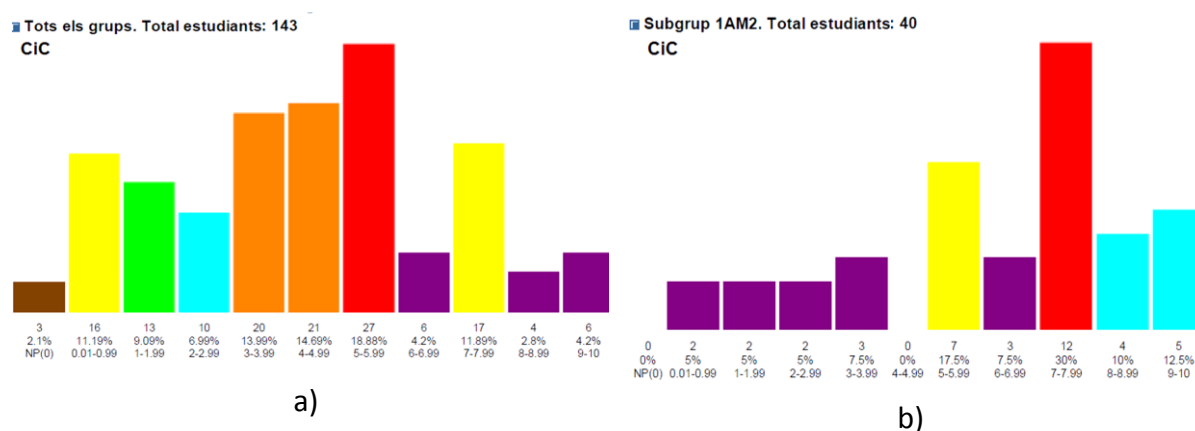


Fig. 98. Resultats acadèmics de CiC del quadrimestre 08-09-QT en què s'observa la distribució de qualificacions: a) representa el total d'estudiants i b) representa el grup en què s'ha realitzat l'experiència.

Com s'ha comentat, en els grups de CiC en què s'han realitzat experiències pilot s'obté el mateix patró ja identificat a l'assignatura ED: pocs suspensos, en tot cas abandonaments a començament de curs, i en general un volum elevat de bones qualificacions. Aquest patró també s'identifica a la Fig. 99 que mostra el perfil de qualificacions obtingudes durant el mateix curs 08-09-QT en l'assignatura Introducció als Computadors (IC), on també es desenvolupen experiències d'innovació docent. S'obté una remarcable semblança amb el grup de classe 1AM1 de CiC pel que fa a bones notes, tot i que IC té un nombre elevat d'abandonaments que li fa baixar considerablement el rendiment global. Una mostra de què, tot i intentar noves metodologies, no és possible engrescar tots els estudiants matriculats, i molt menys encara en el quadrimestre 1A d'entrada a la universitat.

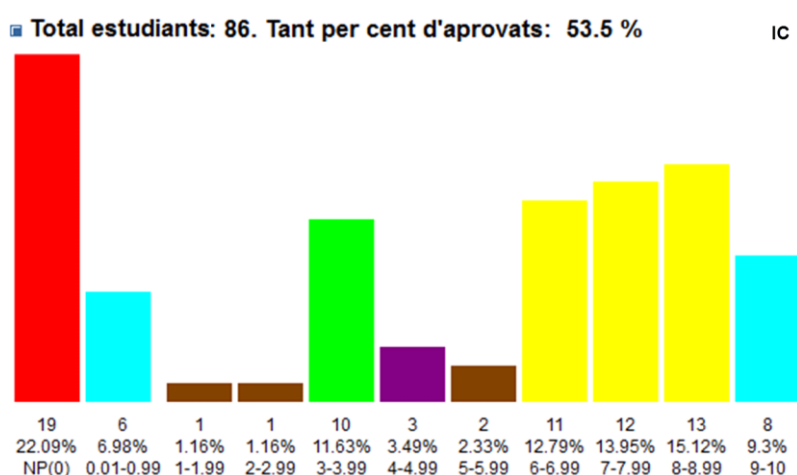


Fig. 99. Rendiment de l'assignatura IC per al mateix quadrimestre 08-09 QT.

Hem comprovat que per implementar aquestes metodologies que assegurin més bon rendiment amb estudiants de primer curs, no cal que siguin especialment brillants, però sí constants en l'estudi durant tot el quadrimestre i motivats. Bàsicament, i com amb la resta d'estudiants de grau, en assegurar-los petits èxits cada setmana, els permetem arribar amb suficiència al final de curs. Així que atenent al perfil d'entrada dels estudiants, a més de preparar diverses assignatures amb aquestes metodologies des dels primers quadrimestres és necessari realitzar una tasca important de tutoria [149].

Amb l'objectiu de continuar investigant com millorar el rendiment l'autor continua intentant poder aplicar experiències relacionades amb la metodologia explicada en aquest treball als estudiants de primer curs. Entenem que són els més beneficiats d'un tractament integrat de coneixements i competències i que s'hi ha d'insistir. Per exemple, cal comentar que a l'assignatura equivalent del nou pla d'estudis de grau, Electrònica de les Telecomunicacions (ET), organitzada de forma clàssica, s'intenta aplicar algunes idees a les pràctiques de laboratori. Podríem dir que una vegada més es corrobora la dificultat de plantejar canvis metodològics profunds quan el professor interessat a dur-ho a terme no és el coordinador i tampoc es permeten canvis importants tal com els que s'han descrit a les assignatures SED o ED. Les dificultats vénen també per part dels estudiants, ja que en tractar-se d'experiències aïllades a les quals no tots els grups-classe de la mateixa assignatura estan sotmesos, no les

accepten de bon grat, en general perquè entreveuen més exigència o com a mínim materials i procediments diferents dels de la resta de grups. I també per part dels professors, als quals les dinàmiques alternatives als laboratoris d'alguns grups de classe els generen controvèrsia i suspicàcies i raonadament en qüestionen la idoneïtat, sobretot si els rendiments obtinguts i les opinions recollides no són concloents per prosseguir amb un canvi general.

A efectes d'augmentar el rendiment, una de les solucions que pot ser efectiva, quan un docent vol impulsar incitatives d'innovació en assignatures on conviuen professors amb diversos enfocaments docents, i per les raons que sigui no es pot procedir a organitzar una assignatura com s'ha comentat a la secció 3.3, consisteix a subdividir la docència no pas com es fa habitualment en sessions de pràctiques i teoria, sinó per temes o grans blocs. Es tractaria per exemple que un curs de 15 setmanes lectives, amb 4 grans temes, fos impartit meitat i meitat per dos professors diferents. Cada un s'encarregaria d'impartir-ne un parell de blocs al grup-classe complet, facilitant enormement la coordinació i en definitiva l'avaluació de què han après els estudiants.

4.1.5 Rendiment acadèmic dels estudiants a CSD

Pel que fa als nous estudis de grau que reemplacen les enginyeries tècniques, l'interès s'ha centrat a continuar treballant amb metodologies innovadores a l'assignatura CSD, hereva natural d'ED que en aquest cas s'ha ubicat en el quadrimestre 2A en lloc de l'1B. En principi cal suposar, ja que la majoria d'estudiants haurà realitzat un curs complet a la universitat abans de cursar-la, que tindran més experiència i el rendiment serà més semblant a l'antiga SED (2A) que no pas a l'ED (1B). Actualment ja s'han dut a terme força quadrimestres d'aquesta nova assignatura i, com s'aprecia a la Fig. 100, els rendiments han quedat força estabilitzats. En tot cas, cal remarcar que en les primeres edicions l'esquema de qualificacions no estava fixat completament, tal com s'explica a la secció 3.4.3, i es va haver de fer un esforç considerable per dissenyar un sistema de qualificació basat en controls de coneixements bàsics que fos compatible amb les directrius de la UPC que al mateix temps ens permetés seguir treballant en grups cooperatius i per projectes.

És important destacar que el rendiment és superior a l'assolit a les altres assignatures del mateix curs. I aquesta dada, tenint en compte que se'ls proposa treballar en cooperació i per problemes o projectes durant tot el curs, també queda contrastada pel temps de dedicació declarat pels estudiants i les seves respostes a les enquestes (vegeu les dades a la secció 4.4.3.3) i els portafolis de l'assignatura on es publiquen les enquestes en obert⁴⁹. Sense entrar en consideracions que podrien omplir un altre debat, nosaltres volem donar una explicació a aquesta millora semblant a la que ja hem donat anteriorment: el fet d'aconseguir que força alumnes dediquin més hores d'estudi a la matèria i que ho facin amb constància fins al final permet aprovar més i detectar perfectament els estudiants que treballen amb excel·lència.

⁴⁹ Pàgines web amb feedback dels estudiants: <http://digsys.upc.es/ed/CSD/feedback/CSDfdbk.html>

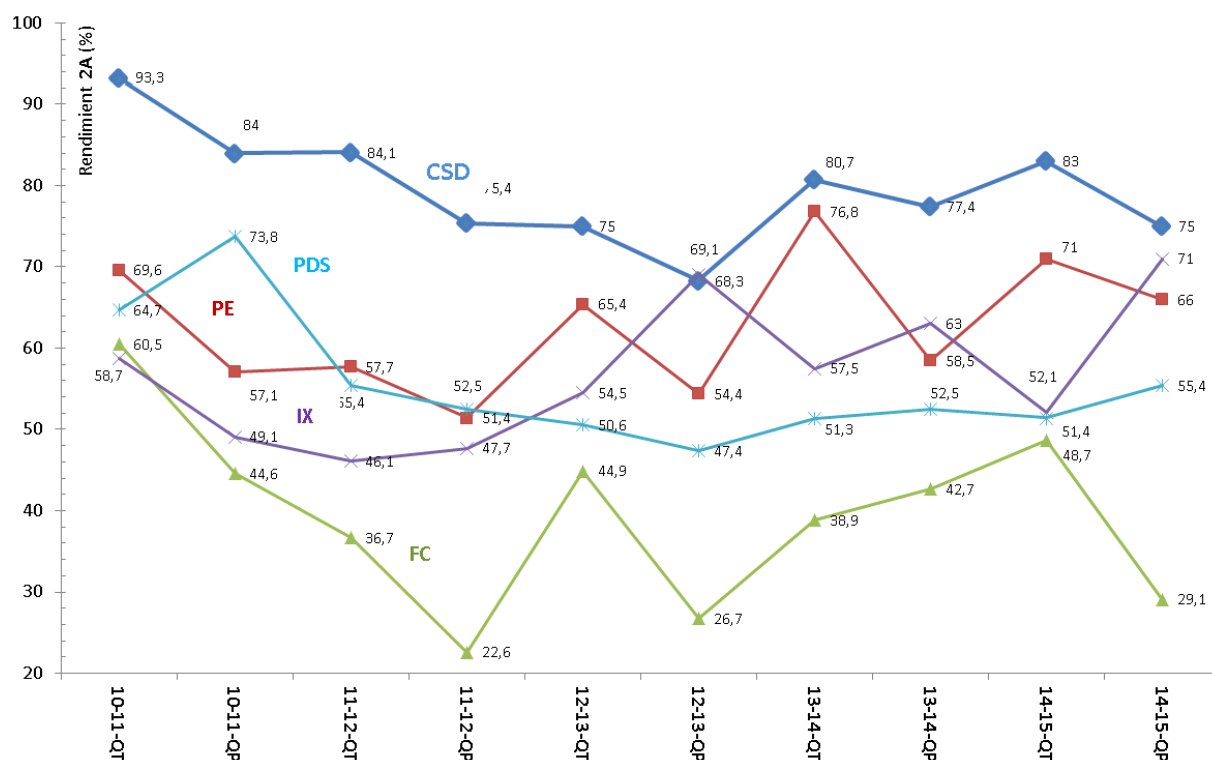


Fig. 100. Rendiment de CSD en relació a l'absolut a les altres assignatures del 2A des de la seva introducció en el curs 10-11-QT.

A la Fig. 101 s'observa que els perfils de distribució de les qualificacions són semblants als de les assignatures del pla vell en què es van realitzar experiències de millora docent. Els estudiants, una vegada inserits en el ritme de l'assignatura, decideixen ells mateixos fins a quin nivell de qualitat volen realitzar els projectes sense les pressions pròpies dels exàmens. I generalment també prenen decisions d'aquesta mena dintre d'un mateix grup cooperatiu. En canvi, el perfil de les altres assignatures del 2A és el típic centrat al voltant de l'aprobat que tanta problemàtica provoca a l'hora de realitzar les comissions d'avaluació en trobar-se un nombre significatiu d'alumnes amb qualificacions entre el 4 i el 5.

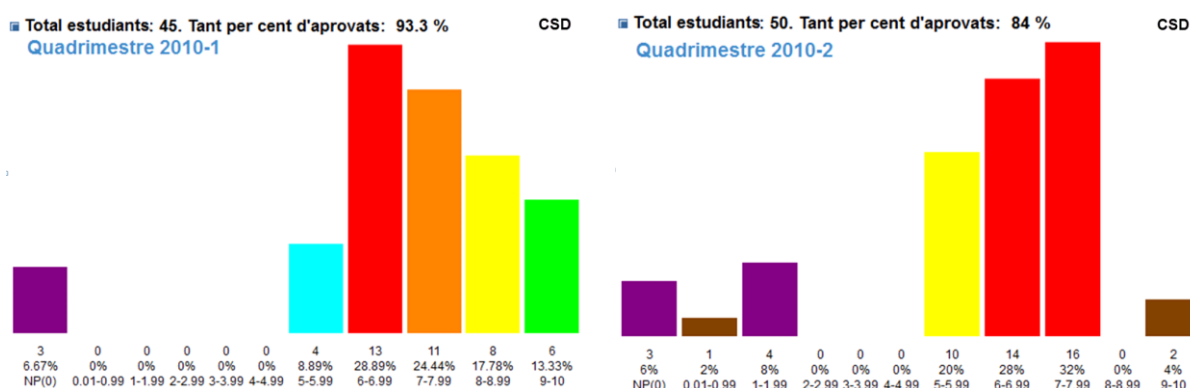


Fig. 101. Perfils de qualificacions a CSD dels quadrimestres 10-11 QT i 10-11 QP.

4.2 Anàlisi de seguiment del temps d'estudi

A través de diferents assignatures s'han anat programant les activitats que han de desenvolupar els estudiants mentre treballen en grup, tant a l'aula com fora. La intenció és monitoritzar la càrrega de treball per usar aquest paràmetre en la programació del curs i en l'avaluació formativa (vegeu a la secció 2.4.1.2 la importància d'aquest seguiment de cara a l'avaluació).

4.2.1 Primera experiència d'ED

Tal com mostra la Taula 39, es proposen uns codis per classificar el tipus d'activitat. Així mateix, es demana als alumnes que valorin entre 1 i 4 el nivell d'aprofitament de les classes presencials i de les seves pròpies sessions de treball cooperatiu. La idea és fer-los veure que no n'hi ha prou a trobar-se una estona, sinó que han d'aconseguir que el temps que estan reunits estudiant sigui productiu. Aquesta necessitat d'organitzar reunions eficients és un dels criteris que cal assolir en l'exemple de rúbrica de valoració del treball cooperatiu (vegeu la Taula 14 del capítol 1).

Tipus d'activitat (TA)	Codi	Nivell de productivitat o aprofitament (NPR)	Codi
Repàs d'apunts o preparació de classes	REP	Hem perdut massa temps	1
Treball d'un exercici en grup	EXG	...	2
Treball d'un exercici individual	EXI	...	3
Realització d'un examen	EXA	Hem après molt	4
Tutoria o consulta amb el professor	TUT		
Treball del projecte d'aplicació	PAP		

a)

Setmana 7 – TGC6		Equip de treball: G _____	
Data:	Hora inicial – Hora final	TA:	NPR:
Participants:			
Descripció:			
Temps total d'estudi setmanal en hores	En grup cooperatiu		
		Estudiant 1	
	Individual	Estudiant 2	
		Estudiant 3	

b)

Taula 39. a) Codificació de l'activitat i nivell d'aprofitament del treball realitzat per un grup cooperatiu. b) Quadres de recollida d'informació sobre la descripció de les activitats realitzades en les sessions de treball cooperatiu fora de l'horari lectiu (TGC) i còmput del temps total setmanal de dedicació a l'assignatura.

El professor recull setmanalment aquesta informació de cadascun dels grups cooperatius i la processa a través d'un full de càlcul per obtenir les gràfiques que permetin realitzar la monitorització del temps d'estudi [157]. Amb aquestes dades

s'observa ben aviat si el grup funciona normalment o si s'ha d'emprendre alguna acció de correcció. Més que l'activitat a classe, és d'interès la que es realitza fora de l'aula sense el professor. La Taula 40 mostra l'exemple d'un full de pla de treball corresponent a la setmana 7 lliurat per un grup cooperatiu. S'hi observen les indicacions sobre el tipus i la descripció de l'activitat, la data i l'hora de realització de les sessions de treball fora de l'horari lectiu, el nivell d'aprofitament d'aquestes sessions, els participants i el còmput total del temps setmanal dedicat a l'assignatura en grup i individualment.

PLA DE TREBALL DEL CURS		GRUP 1BT4	
SETMANA	6	69	
S6 – E6	DATA: Dilluns 20 d'octubre	MI: 4	NPR: 4
Participants: Carlos - Patty Descripció: UNITAT 1-12 1.4.4.2 Sumadors i ALU 1.4.4.3 Generador de ròssecs anticipat 1.4.4.4 Generadors i comprovadors de paritat Mòdul 3.			
S6 – TGB6	DATA: Divendres 24 d'octubre	MI:	NPR: 4
Participants: Carlos - Noe - Patty Descripció: Lliurament de l'EX4: Proposta de l'EX5: Exercici de disseny de sistemes combinacionals. Exercicis 1.9 o 1.14 (cobren quasi tots els mínims). Projecte d'aplicació (III): Desenvolupament Primera revisió de la carpeta de curs Explicació del funcionament del MUX i DESC			
S6 – TGA6	DATA: Divendres 24 d'octubre	MI:	NPR: 4
Participants: Carlos - Noe - Patty Descripció: UNITAT 1-13 1.5 OrCAD i simulació de circuits digitals (Demostració) 1.5.1 Introducció OrCAD. Entorn integrat de disseny electrònic 1.5.2 Captura d'esquemàtics. Simulació SPICE i simulació digital (Simulate) 1.5.3 Biblioteques de components: models i símbols gràfics Revisió Carpeta Acabar EX4 i començar EX5			

PLA DE TREBALL DEL CURS

GRUP 1BT4

S6 - TGC6		Equip de treball: G <u>9</u>	
Data: <u>22.10.03</u>	HI - HF: <u>10h00 - 14h00</u>	TA: <u>EXG.</u>	NPR: <u>9</u>
Participants: <u>Noe-Carlos-Patty</u> Descripció: <p>Realització de l'EX4, van sorgir dubtes en quan a la funció d'algunes de les entrades, però es van solucionar.</p> <p>Realització de la carpeta, acabau d'imprimir documents de les unitats</p>			
Data: <u>24.10.03</u>	HI - HF: <u>10h30 - 13h30</u>	TA: <u>EXG</u>	NPR: <u>4</u>
Participants: <u>Noe-Carlos-Patty</u> Descripció: <p>Seguir amb l'EX4, problemes amb el funcionament del winilog. exe. Dubtes amb l'EX4 que se solventaran la següent setmana ja que s'ha de lliurar la setmana 7.</p>			
S6 - TI6			
Data: <u>20.10.03</u>	HI - HF: <u>13h30 - 14h30</u>	TA: <u>EXI -</u>	NPR: <u>4</u>
Estudiant 1	Descripció <p>Realització de la correcció de l'EX3. Repàs del Tri-state, i repàs teoria. Recuperació unitat 3. (22-10-03) (21h00-22h30).</p>		
Data: <u>20/10/03</u>	HI - HF: <u>21:00 - 22:30</u>	TA: <u>EXI - REP</u>	NPR: <u>4</u>
Estudiant 2	Descripció <p>CORRECCIÓ DEL NÚM 3. REPÀS DE TEORIA DE TOT EL CURS.</p>		
Data:	HI - HF:	TA:	NPR:
Estudiant 3	Descripció		
Temps total d'estudi en hores	Grup		<u>9h00</u>
	Individual	Estudiant 1	<u>5h00</u>
		Estudiant 2	<u>5h</u>
		Estudiant 3	

Taula 40. Exemple de pla de treball setmanal preparat per un grup cooperatiu d'ED del curs 03-04-QT.

Com mostra la Fig. 102, la classificació de les tasques realitzades segons els codis de la Taula 39 permet observar la distribució particular del temps d'estudi que realitza cadascun dels grups. Tot i que cada un organitza el temps d'estudi segons les seves preferències, amb l'excepció de les hores de classe presencial, cal esperar que hi hagi similitud en la distribució. La nostra observació indica que els grups ben cohesionats i estructurats tendeixen a estudiar en grup pràcticament tot el curs i van substituint el seu estudi individual per la interacció contínua, de forma que acaben tenint un rendiment molt superior als que prefereixen estudiar individualment en detriment de les sessions de grup. D'aquesta forma, se'ls recomana que des del començament intentin ajustar les agendes per disposar del màxim temps possible per treballar en grup.

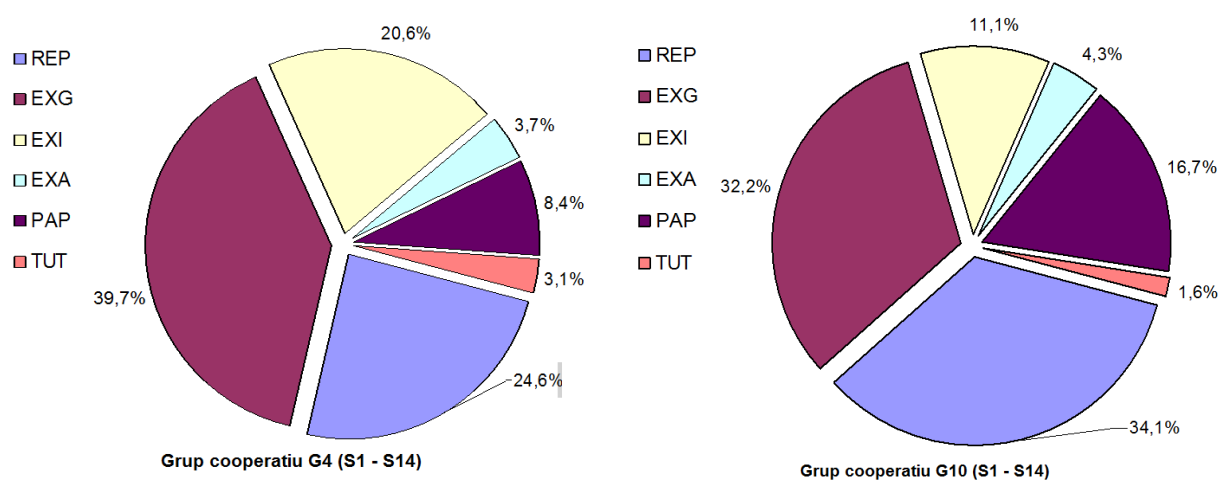


Fig. 102. Representació del temps invertit per un parell de grups cooperatius base (G4 i G10) fins a la setmana 14 del curs desglossat per activitats (REP, EXG, EXI, EXA, PAP i TUT).

Aquesta recollida d'informació s'ha fet manual durant una colla de quadrimestres amb el professor monitoritzant setmanalment el treball que desenvolupaven els grups. Durant el pla pilot s'han fet proves per poder aconseguir que la tasca de recollida de dades del temps d'estudi es faci automàticament a través de la intranet, però finalment s'ha desestimat perquè és complicat aconseguir que els estudiants introdueixin periòdicament les dades per pròpia iniciativa. Normalment ho fan les primeres setmanes, però més endavant se n'obliden i, apuntar el temps d'estudi de més d'un parell de setmanes enrere ja no dóna dades fiables.

L'escola, en el context del pla pilot, va promoure la posada en marxa d'un procediment de recollida de dades automàtica de temps d'estudi per algunes de les matèries del curs per tenir dades fiables dels ECTS que representen cada matèria. Segons la nostra experiència és necessari inventar algun mecanisme d'obligatorietat que sigui senzill i a la vegada imprescindible per progressar acadèmicament. Per molt que s'intenti persuadir l'estudiantat que monitoritzar la pròpia activitat d'estudi és molt important per millorar el rendiment acadèmic i l'eficiència del treball en grup, si intueixen que no aconsegueixen cap mena de punt addicional per fer-ho acaben deixant-ho córrer. Nosaltres, tal com s'explicarà en la secció 4.2.3, hem reprès el procés de recollida automatitzada de dades amb la introducció del portafolis

electrònic perquè ho fa molt més senzill. A aquest emplenament de les gràfiques de temps d'estudi correspon un percentatge de la qualificació final.

4.2.1.1 Gràfica d'acumulació de temps d'estudi

A l'assignatura ED la informació recollida sobre el temps de dedicació dels estudiants es presenta en forma de gràfica i es publica a la intranet del campus digital de l'assignatura. Durant el curs s'actualitza diverses vegades per tal que els estudiants tinguin idea sobre el temps d'estudi que estan emprant i comparin el seu amb el dels altres grups. La Fig. 103 mostra una gràfica de l'acumulació de temps total d'estudi pel conjunt de grups de treball cooperatius durant les primeres 8 setmanes del curs. Les dades representen la mitjana del treball en grup i el treball individual de cada equip. La línia puntejada representa una dedicació de referència teòrica que preveu 120 hores d'estudi després de les 20 setmanes de calendari real de duració del quadrimestre. Els estudiants poden comparar si segueixen el temps recomanat de 8 hores de dedicació al curs, o bé si se'n desvien. Amb aquestes dades objectives subministrades pels mateixos estudiants el professor orienta els grups de treball sobre el seu funcionament. D'aquesta forma es detecten i es resolen situacions conflictives des del començament de curs.

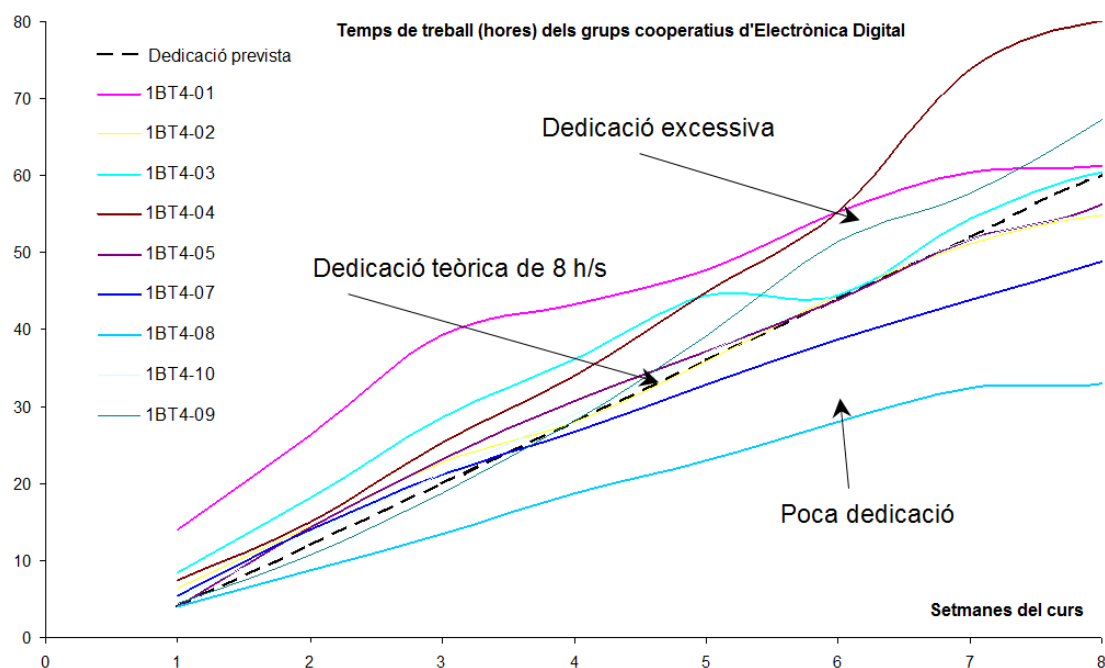


Fig. 103. Gràfica que representa la mitjana de treball dels 9 grups cooperatius fins a la setmana 8 del curs.

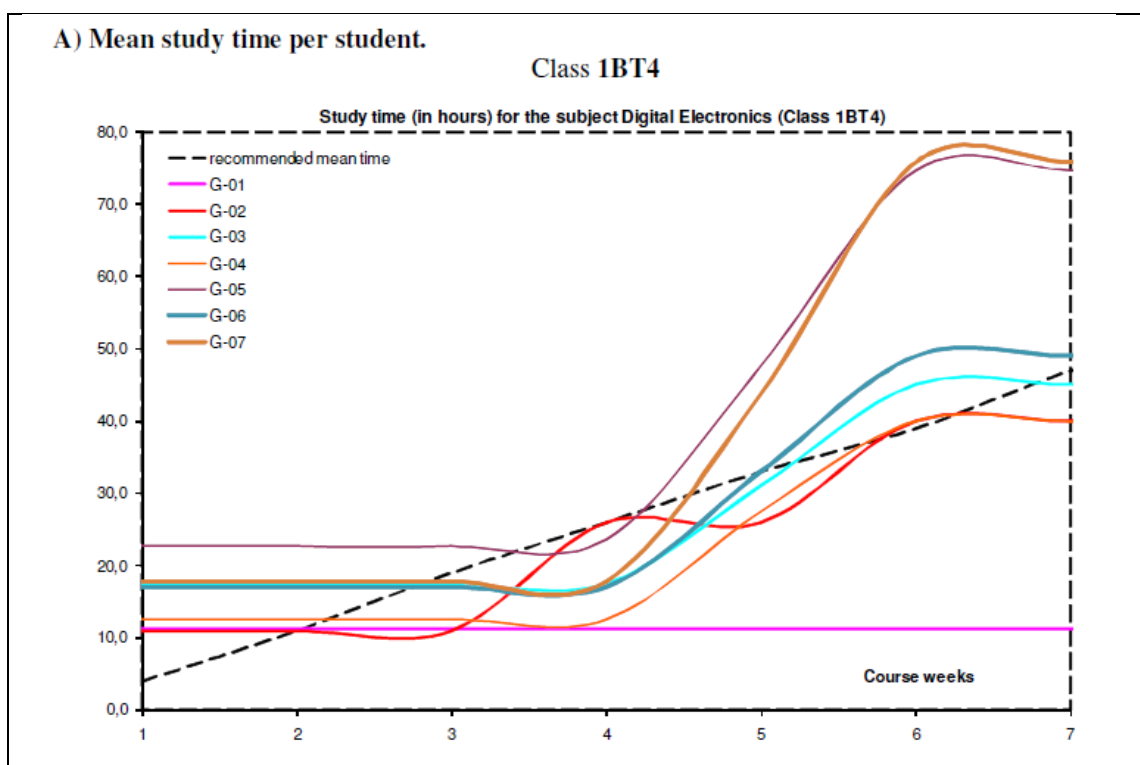
Al mateix temps, la recollida de dades sobre el pla de treball setmanal i el temps de dedicació aporta informació valuosa sobre la càrrega de treball real que estan mantenint en estudiar la matèria, un paràmetre que s'ha de tenir en compte en el cicle de millora per poder introduir els ajustament necessaris en les activitats proposades (vegeu la secció 3.1.5 de millora del procés docent del capítol 3). A partir de l'anàlisi de les dades es replantejaren els temps estimats per realitzar cada activitat, per exemple en la realització de puzles a l'aula per solucionar algun

problema; el temari, perquè es correspongui amb el que s'estudia i aplica; la modificació del material d'estudi, perquè permeti el màxim aprofitament del temps; la reducció de classes expositives i la seva substitució per sessions de treball en grup, etc.

A més, la informació obtinguda ha estat molt útil a l'hora de participar en els debats sobre la preparació dels nous plans d'estudi, ha permès a l'escola avaluar com s'han anat implantant els ECTS, ha facilitat la coordinació horitzontal amb altres assignatures perquè se sabia si realment ens ajustàvem als ECTS assignats i ha permès que la coordinació vertical de temaris amb altres assignatures posteriors s'hagi dut a terme d'una forma més realista.

4.2.1.2 *Feedback* formatiu a partir del temps d'estudi

Les indicacions que podem donar als estudiants a partir de les gràfiques de temps d'estudi són un altre mecanisme de *feedback* qualitatiu cap als estudiants que permet al professor realitzar comentaris formatius ben aviat, tot i que hom pot considerar-la poc precisa o massa subjectiva. La dedicació apuntada per un grup es confronta amb el rendiment que treu a la matèria i el seu ús de la tutoria. Vegeu un exemple a la Fig. 104 per als dos grups-classe de l'assignatura ED del curs 09-10-Q1 i un altre a la Fig. 105 per a l'assignatura CiC del curs 08-09-Q1 en què es va realitzar una experiència pilot.



B) Comments

Dotted line means average study time in the subject. For example, by week 7, groups should have invested in the course a mean time of about 48 hours.

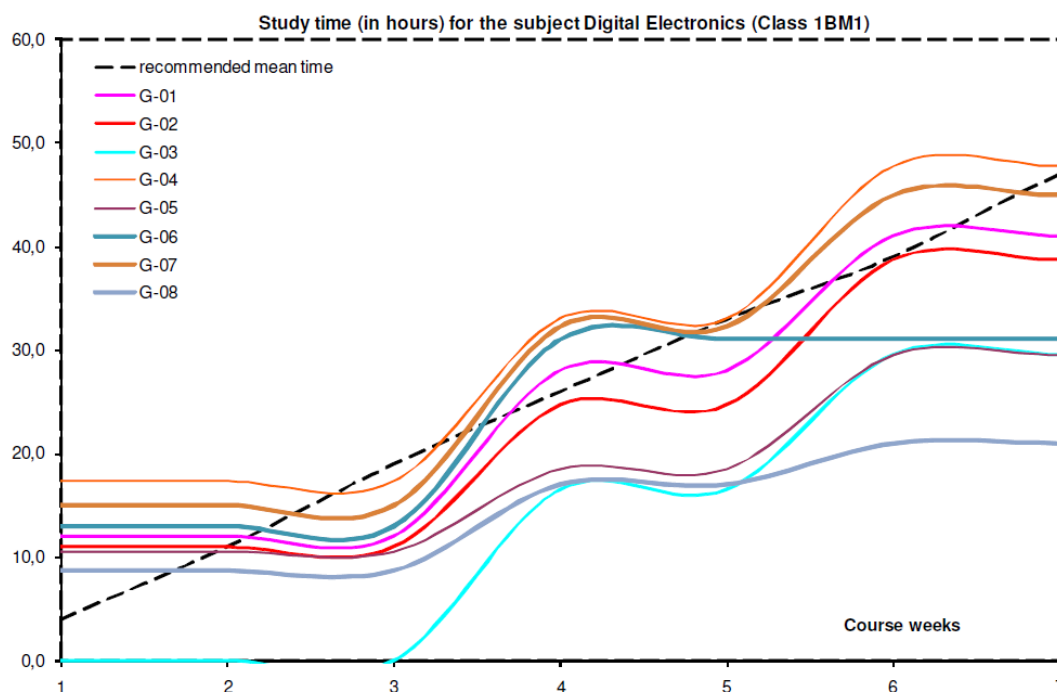
With respect to the available data written down in the first page of the exercises and plotted above:

- G1 has practically disappeared.
- 2 of the groups (G7 and G5), are devoting a lot more time than necessary to this ED subject. I do not recommend doing so. Because asking the key questions in every exercise will drastically reduce your study time and significantly improve your results.

Some of you are participating actively in class asking relevant questions for the problems development. But there are still many students who do not participate or ask very few questions.

Generally speaking, your exercises are going well, but this is not the case of your individual minimums. Thus, I'm not sure enough that you are cooperating effectively.

Give to every exercise a fixed time (let's say 30 min or an hour). If you still don't understand, ask questions and don't spend more time into the same exercise.

A) Mean study time per student.**Class 1BM1**

B) Comments

Dotted line means average study time in the subject. For example, by week 7, groups should have invested in the course a mean time of about 48 hours.

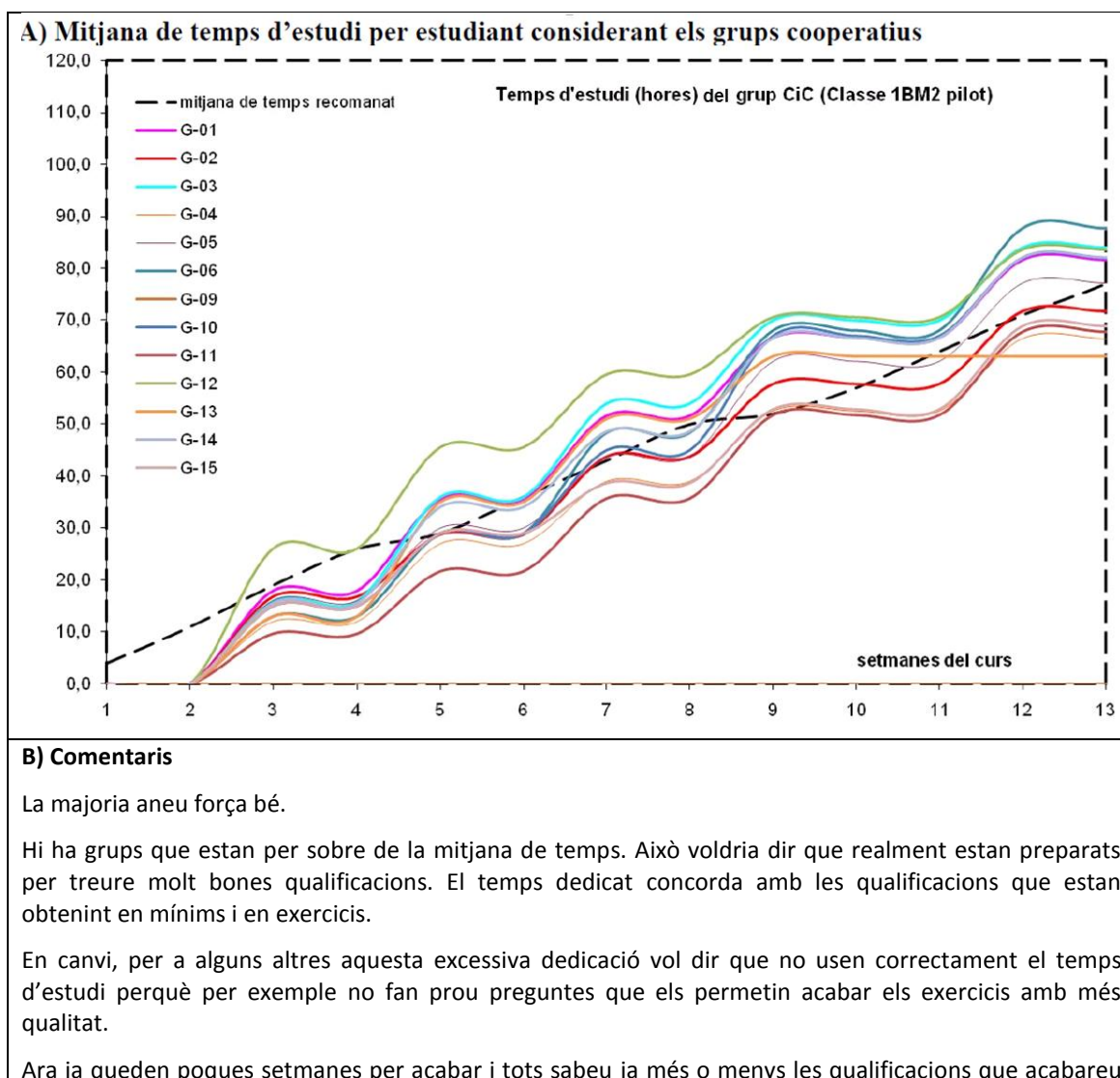
With respect to the available data written down in the first page of the exercises and plotted above:

- 3 of the groups go far behind of what is expected. And, from my experience, this is simply a sign of future problems in being able to pass the course. I also have noted that there are problems in cooperation in some groups. Some of them are not being able to manage or attend session C meetings.

Some of you are participating actively in class asking relevant questions for the problems development. But there are still many students who do not participate or ask very few questions.

Give to every exercise a fixed time (let's say 30 min or an hour). If you still don't understand, ask questions and don't spend more time into the same exercise.

Fig. 104. Exemple de gràfic d'acumulació de temps d'estudi de l'assignatura ED amb comentaris relatius a les dades recollides de cada grup (09-10 QT, 1BT4 i 1BM1).



obtenint. Per tant, useu el temps que us queda, aquestes 3 setmanes lectives, per acabar els exercicis que teniu pendents i assegurar resultats.

Fig. 105. Exemple de gràfic d'acumulació de temps d'estudi de l'assignatura CiC amb comentaris relatius al rendiment (08-09-Q1, 1AM2).

La recollida de dades setmanal s'ha mantingut durant uns quadrimestres vista la seva utilitat per al seguiment dels estudiants, tot i els dubtes sobre la veracitat de les dades d'estudi aportades pels grups. Preferim donar-los confiança i en tot cas, tenir l'oportunitat de criticar-los els nombres que anoten. A partir de la nostra experiència, també se'ls explicava a principi de curs que els grups que simplement eren capaços d'anotar sistemàticament el seu temps d'estudi setmanal aprovaven més fàcilment que els que se'n desentenien. Així de senzill, resulta que una tasca tan rutinària com apuntar el temps d'estudi ja és en si mateixa una bona dada per aproximar-se al rendiment d'un grup cooperatiu.

4.2.1.3 *Feedback* per als grups cooperatius que no funcionen

És habitual trobar a cada classe grups que no funcionen correctament o que tenen certes dificultats. Quan es detecta aquesta situació, i abans de prendre mesures més importants com la supressió del grup amb la distribució dels membres en altres grups o la indicació que treballin individualment, se'ls envia un qüestionari com el de la Taula 41 per ajudar-los a analitzar-se, perquè detectin els seus punts dèbils i reflexionin sobre com treballen [80]. Sempre és més recomanable que vegin per ells mateixos a quin nivell s'espera que treballin i quines són les responsabilitats que ha d'assumir cadascú. Aquesta mena d'acció sol ser efectiva en molts casos.

Electrònica Digital	
COM ESTÀ FUNCIONANT EL NOSTRE GRUP COOPERATIU ?	
<p>El funcionament correcte d'un grup de treball com a grup cooperatiu, és a dir, quan tots cooperen i es comprometen amb l'èxit del grup i amb l'aprenentatge de tots els components, és essencial en el desenvolupament del curs. És molt important detectar a temps els conflictes i les àrees on és possible millorar. L'objectiu d'aquest qüestionari és realitzar una autoanàlisi crítica que permeti aquesta detecció i accions possibles de millora.</p> <p>El qüestionari s'ha de contestar durant una sessió de treball en grup amb assistència de tots els membres i preveient 2 hores de duració, encara que si el grup està funcionant bé (o molt malament), es pot acabar abans.</p> <p>Les preguntes s'han de discutir amb tranquil·litat i contestar quan s'ha arribat a una resposta meditada i consensuada. En cas contrari cal escriure 'sense acord'.</p>	
Número de grup:	Són presents tots els membres?
Qüestions	
Comenteu les afirmacions següents:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El grup té un horari i lloc o llocs fixos de reunió setmanal (indiqueu quin són, en cas afirmatiu) 2. Tots els components del grup assisteixen a les reunions i respecten l'horari (sense personalitzar). 3. Tots els components del grup mostren respecte pels altres membres i escolten amb atenció quan parlen o exposen una opinió. 4. En cada sessió es discuteix i s'acorda el pla de treball a seguir. Hi ha un membre que actua com a moderador i organitzador. 5. En cada sessió es discuteixen conjuntament les dificultats que es troben i el plantejament de cada exercici o tema d'estudi. 	

<p>6. La distribució del treball que no pot acabar-se a les sessions conjuntes es fa equitativament i per consens.</p> <p>7. Cada membre explica suficientment als altres el resultat del seu treball independent.</p> <p>8. Tots els membres participen activament i amb interès o bona predisposició en les activitats del grup.</p> <p>Responen les qüestions següents:</p> <p>9. Mencioneu tres aspectes positius de l'activitat cooperativa del grup.</p> <p>10. Mencioneu dos aspectes millorables de la vostra activitat cooperativa.</p> <p>11. Valoreu segons una escala d'1 (el grup va molt malament) a 5 (el grup va molt bé) el funcionament del grup (opinions individuals anònimes). Cada lletra representa l'opinió d'un membre del grup:</p> <p style="text-align: center;">a) b) c) d)</p> <p>12. Valoreu segons una escala d'1 a 5 la vostra pròpia contribució al funcionament del grup (opinions individuals anònimes en el mateix ordre que a 11).</p> <p style="text-align: center;">a) b) c) d)</p> <p>13. Enumereu un màxim de tres accions que tingueu intenció de realitzar per tal de millorar el funcionament del grup.</p> <p>14. Voldríem assessorament o més entrenament per part del professor per poder treballar en grup amb més efectivitat:</p> <p style="text-align: center;">SÍ NO</p> <p>Comentaris addicionals (format lliure):</p>
<p style="text-align: center;">Electrònica Digital</p> <p style="text-align: center;">Per què no acaba de funcionar el grup cooperatiu?</p> <p style="text-align: center;">Què va malament?</p> <p><input type="checkbox"/> No ens escoltem entre nosaltres</p> <p><input type="checkbox"/> Repetim una vegada i una altra els mateixos arguments en lloc d'avançar</p> <p><input type="checkbox"/> Ens interrompem constantment els uns als altres</p> <p><input type="checkbox"/> Només posem damunt la taula els nostres punts de vista en lloc de desenvolupar i encoratjar les idees dels altres</p> <p><input type="checkbox"/> Permetem que els membres més dominants ens imposin els seus punts de vista</p> <p><input type="checkbox"/> Alguns de nosaltres no contribuïm</p> <p><input type="checkbox"/> Alguns de nosaltres arribem tard o simplement no ens presentem a les sessions de treball ni a les reunions en hores lectives</p> <p><input type="checkbox"/> No ens comprometem suficientment en la realització de les tasques</p> <p><input type="checkbox"/> Discutim les nostres opinions i impressions en lloc de posar-nos a fer la feina</p> <p><input type="checkbox"/> No tenim prou clares les tasques que hem de fer</p> <p><input type="checkbox"/> No tenim clar què decidim al final</p> <p><input type="checkbox"/> No aclarim prou bé com hem distribuït les tasques i qui havia de fer cada cosa</p> <p><input type="checkbox"/> Les nostres aportacions són bastant irrelevantes o bé no són d'ajuda per resoldre la feina</p> <p><input type="checkbox"/> El treball que fa algun membre no és de prou qualitat i això fa que es generi desconfiança entre nosaltres</p> <p><input type="checkbox"/> No volem reconèixer que el que està passant al grup no és el que hauria de ser i això ens està afectant el rendiment.</p>

Taula 41. Qüestionari d'exemple de com ha de funcionar un grup cooperatiu.

La reacció dels estudiants davant de tanta franquesa, d'haver d'abordar les situacions relacionades amb la seva participació activa en el grup, és generalment la correcta.

Entenen que han de canviar d'actitud amb els companys i veure si poden reconduir les coses per tal que al final el grup avanci en la direcció correcta.

Quan cal, s'acompanya la discussió oral que es manté amb ells a classe o a tutoria amb un correu específic per a cada grup (vegeu-ne un exemple a la Taula 42). La intenció és mostrar-los que el professor els fa un seguiment, que estan immersos en un curs que va de debò i han d'incorporar-se o abandonar, que realment el professor analitza el seu aprenentatge sense haver d'esperar els resultats dels controls.

*Hi group Gxx,
I've seen you in class for many days now, and you are not asking the right questions... or any questions at all ... and so, you have to change the attitude towards the subject if you want to grasp the course content in time to pass... Come to my office with your group mates.*

- How about the Chapter I concepts? Have you got any question on the individual tests? Have you tried to solve them? Have you tried to improve any EX taking the instructor's indications as a guide?

- How about the Gray counter, and the blocks assigned to you (part II and III) that we expect you to solve this week?

Please, take some minutes and reflect on the way your group is performing ... these sheets (Taula 41) can help you to analyse your problems and find solutions...

regards,

Taula 42. Exemple de qüestions específiques destinades a un grup concret en un moment concret del curs.

A vegades és a tota la classe a qui cal interpel·lar perquè reaccioni i se situï a la drecera correcta. Fixem-nos en el missatge de la Taula 43 en què es comenta als estudiants la correcció d'un exercici de CSD. La revisió immediata ens permet observar el que resolen malament en general, i així poden dur a terme accions per millorar l'exercici a més de permetre'ns a nosaltres realitzar canvis en l'estructura dels problemes proposats per facilitar la comprensió del material en els cursos següents.

14/05/2014

I've been correcting the EX2 and there are a lot of common problems in your understanding of the exercises. Generally, you are asking very few questions, and, as I told you many times, this means that there is no way to advance the course content. It doesn't matter if I explain it in the whiteboard or through tutorials, because you are the ones who have to do it. To name only a few general problems:

How the CLK signal works?, are you able to solve [this example](#)? (arreglar l'enllaç)

There's no way to plan if you do not try to represent the timing diagram of the circuit to be designed. If you do not know how to draw the timing diagram, better if you stop to review materials and study how to be able to write the timing diagram. Furthermore, without the sketch of the timing diagram, there is no way to write the test bench in VHDL. The test bench is simply a translation of your sketch.

And what about the plan? Who is going to invent the plan? Which is the plan sequence? If the design is complex, and this is normally the case, how many phases (and so, how many smaller complete projects) do you have to plan?

Are you sure that all the group members understand the problem? By any change are you planning to work several groups together? Because if so, I have to know it, because I want to tell you that working efficiently in larger groups is extremely difficult and generally it will carry poor results. Are you sure that you aren't simply copying each other?

And again: what about the architecture of a FSM? Can you relate the RTL to this architecture composed of 3 blocks? In this way we can see if the computer synthesises a circuit that may work. How about the number of D-FF registers to be used in a given project? Can you answer this question in the planning section of the

project? (So that you can check it later using the RTL).

And again: be aware that no comments on the ActiveHDL timing diagrams means no way to add marks to your exercise. Who is the owner of the printed sheet?

... Let's say that there is plenty of room for improvement of the EX2. Let me invite you to do it. Keep in mind that Chapter 4 is based in Chapter 2, so, you'll find similar challenges to solve later.

NOTE for the end of the course processing: Perhaps, one way to solve these questions on next semesters is to include an IT example as a project to be solved in the EX. Letting students solve an IT containing basic concepts, will make it easier for them to try more difficult projects later, once the basic circuits are solved.

Taula 43. Extracte d'un missatge a tot el grup de CSD carregat al bloc agenda⁵⁰ de l'assignatura.

4.2.2 Del seguiment per setmanes al seguiment per problemes

Després d'uns quadrimestres d'aplicació de la innovació metodològica, una vegada la matèria consolidada i transformada la metodologia al PBL [152], es va decidir que era convenient seguir apuntant el temps d'estudi ja que n'havíem observat l'eficàcia per seguir el funcionament dels grups cooperatius. Però ara, anotant el temps utilitzat per resoldre el problema des de la data de proposta fins al lliurament. El quadre de recollida d'hores, tal com mostra la Taula 44, no va variar gaire. Segons la llargada de l'exercici, s'acumulen les hores de treball d'una setmana o diverses. En lloc de fer fulls especials de programació setmanal com els de la Taula 40, es recull la taula del temps d'estudi a la primera plana dels exercicis. Vegeu el format d'un exercici típic d'ED⁵¹ i d'un de CiC⁵².

Study time (in hours)	Group work	Sessions TGA, TGB		Sessions TGC	
	Individual				Student 1
					Student 2
					Student 3

Taula 44. Quadre on s'anota el temps d'estudi dedicat al problema.

El professor pren nota del temps apuntat en els exercicis mentre els corregeix amb la intenció de preparar la gràfica de la Fig. 103 a partir de la qual es realitza el *feedback* amb els comentaris tal com s'ha mostrat a la Fig. 104 i a la Fig. 105.

S'encoratja els estudiants a dir la veritat i a anotar realment el temps que han dedicat a la realització dels exercicis. Han d'entendre que no poden estar-se tot un curs assignant hores de treball a un company que no les fa. En aquest sentit, cal remarcar les diferents postures amb què els estudiants de primer curs i de cursos avançats afronten aquesta tasca, que els requereix sinceritat i honestedat. L'estudiantat que ja té experiència (i certament desitja fer una bona feina) no tolera la presència en el grup de companys que s'aprofitin de la feina dels altres i ells mateixos s'exigeixen

⁵⁰ Per copsar el nivell de *feedback* mantingut habitualment durant un curs podeu revisar l'agenda completa disponible en aquesta adreça: http://digsys.upc.es/ed/CSD/terms/1314Q2/3GT/news_3GT.html

⁵¹ Exemple l'exercici d'ED: http://digsys.upc.es/sed//ED/grups_classe/08-09-q1/1BT4/EX/EX3/ED_Curs_08_09_Q1_1BT4_EX3.docx

⁵² Exemple d'exercici de CiC: http://digsys.upc.es/sed//CiC/CiC_1AM2/EX/EX2/CiC_Curs_08-09_Q1_1AM2_EX2.docx

complir cadascú la part que els toca. A l'hora d'apuntar el temps d'estudi de cadascú en un full de seguida es visualitzen els conflictes. En canvi, amb els estudiants de primer curs és més habitual trobar grups on no es posa remei a situacions d'aprofitament de la feina d'uns per part dels altres ja que no tenen encara desimboltura i prou seguretat en si mateixos per posar condicions als companys i exigir-los de funcionar segons unes normes que assegurin un joc net.

El temps d'estudi ha esdevingut un ítem més a tenir en compte en la preparació de la solució dels problemes, com la signatura del contracte, la llista de tòpics, la reflexió sobre com s'està duent a terme la feina, el pla de treball de cada projecte, els fulls de dubtes per preguntar, etc., i el document .doc on s'anota s'ha convertit realment en el nostre guió de la feina que fan els estudiants a la nostra assignatura.

4.2.3 Seguiment del temps d'estudi amb el portafolis electrònic

Més recentment, instal·lat i en funcionament el portafolis electrònic a l'assignatura CSD, per exemple, s'ha continuat realitzant el seguiment del temps d'estudi amb aquesta eina. Ara però, són els mateixos estudiants els qui s'actualitzen el temps d'estudi i es preparen gràfiques d'acumulació. És a dir, el professor ja no recull la informació per introduir-la en fulls de càlcul, sinó que s'han posat a l'abast dels grups cooperatiu aquestes plantilles de registre i els gràfics de temps d'estudi. La plantilla d'Excel del professor en què s'acumulava el temps d'estudi s'ha exportat al Google Docs (vegeu-ne una mostra a la Taula 45) i té capacitat fins a les 19 o 20 setmanes reals de duració del curs. A partir d'aquestes dades, i de forma automàtica, tal com feia abans el professor amb Excel, es genera automàticament la gràfica d'acumulació d'hores del grup cooperatiu que es mostra a la Fig. 106, la qual s'ha representat afegint la corba suggerida de dedicació ideal. Aquesta gràfica i el tutorial de com cal construir-la estan referenciats als portafolis electrònics i es poden consultar (vegeu-ne l'exemple a la plantilla [156]). Amb el portafolis electrònic queda resolta la problemàtica que representava que el professor es fes càrrec de l'entrada manual de temps de dedicació de tots els seus grups cooperatius. Ara bé, deixa d'estar disponible la gràfica de temps de dedicació general que mostra l'evolució del tots els grups de classe al mateix temps (vegeu la Fig. 103, a partir de la qual es feien els comentaris sobre el funcionament general del grup-classe). Per crear ara la gràfica general el professor ha d'anar visitant cadascun dels portafolis. Per generar-la una altra vegada automàticament, hauria de tenir accés a cadascun dels fulls de càlcul dels quals són propietaris en exclusiva els grups, cosa que comportaria una feina considerable una altra vegada i que no està tant clar que fos senzill de dur a terme. Tanmateix, tot i no disposar de l'evolució de la classe en un únic gràfic, el més important s'ha dut a terme, i és que cada grup es faci càrrec de l'anàlisi del seu propi temps d'estudi. A més, el professor pot enviar comentaris sobre les gràfiques a cada grup en particular a través del correu electrònic o aprofitant qualsevol dels exercicis que es corregeixen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
4	WEEK 1						WEEK 1				
5	Student 1	3	1	1			Student 1	2	1		
6	Student 2	3	1				Student 2	2	1		
7	Student 3	3	1				Student 3	2	1		
8	Mean time	3,0	1,0	0,3			Mean time	2,0	1,0	0,0	
9	Mean time (week)	4,3					Mean time (week)	3,0			
10											
11			N =	3					N =	3	
12		Classroom and laboratory sessions (hours)	Out of classroom in group (hours)	Out of classroom individually (hours)				Classroom and laboratory sessions (hours)	Out of classroom in group (hours)	Out of classroom individually (hours)	
13	WEEK 2						WEEK 2				
14	Student 1	5	4	2			Student 1	5	2		
15	Student 2		4	3			Student 2	5	2	2	
16	Student 3	5	4				Student 3	5	2	3	
17	Mean time	3,3	4,0	1,7			Mean time	5,0	2,0	1,7	
18	Mean time (week)	9,0					Mean time (week)	8,7			
19											
20			N =	3					N =	3	
21		Classroom and laboratory sessions (hours)	Out of classroom in group (hours)	Out of classroom individually (hours)				Classroom and laboratory sessions (hours)	Out of classroom in group (hours)	Out of classroom individually (hours)	
22	WEEK 3						WEEK 3				
23	Student 1	5	4	1			Student 1	5	4	4	
24	Student 2	3					Student 2	5	4	2	
25	Student 3	5	4	1			Student 3	3	2	1	
26	Mean time	4,3	2,7	0,7			Mean time	4,3	3,3	2,3	
27	Mean time (week)	7,7					Mean time (week)	10,0			
28											

Taula 45. Full de càlcul per introduir dades del temps d'estudi.

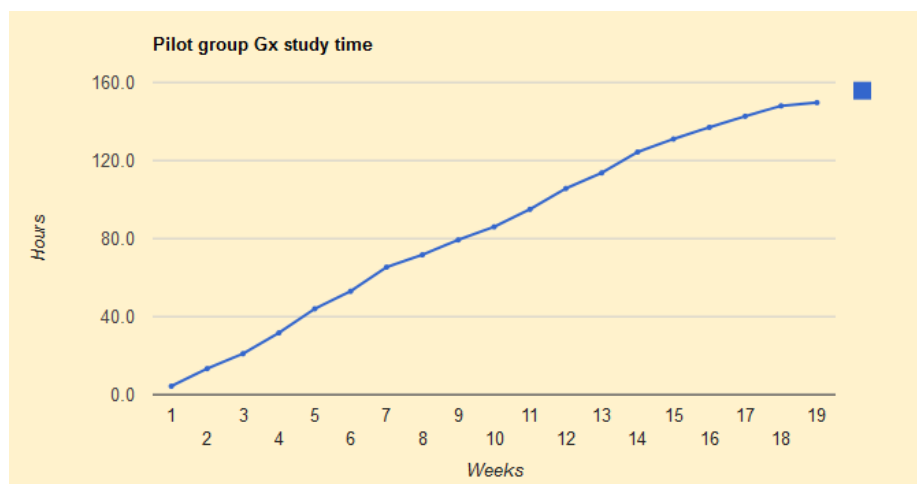


Fig. 106. Gràfica del Google Docs enllaçada al portafolis electrònic que mostra la dedicació ideal esperada per a un grup cooperatiu base que funcioni correctament.

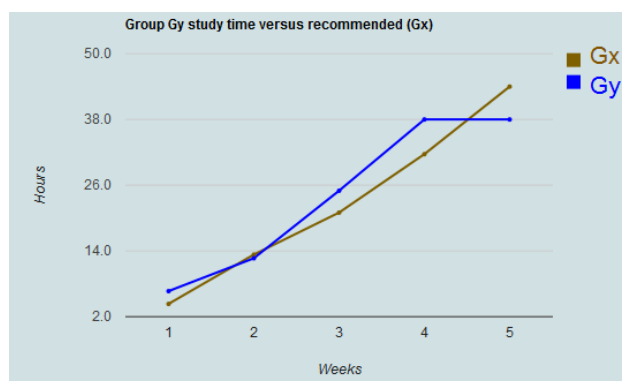


Fig. 107. Gràfica que els estudiants van actualitzant setmana rere setmana a partir de les dades introduïdes per ells mateixos. Poden mostrar-la en referència a la corba ideal.

Finalment val a dir que aquesta eina és sobretot per reforçar el seguiment fora de l'horari lectiu, perquè a classe, amb l'instructor present, resulta més senzill observar com ho estant fent i determinar qui participa o no en els exercicis i el treball en grup.

4.3 L'autoavaluació d'exercicis

Ja s'ha explicat a la secció 2.4.1.4 les línies generals que hi ha rere l'avaluació dels treballs per part dels mateixos estudiants, de manera que sols presentarem experiències pràctiques on s'ha dut a terme amb èxit.

4.3.1 Experiència realitzada a CiC

En principi es pot preparar qualsevol problema o projecte de forma que inclogui una secció d'autoavaluació. Es tracta d'una tècnica d'avaluació formativa que pretén reduir el temps d'espera de *feedback* a l'estudiant sobre com ho està fent i alhora facilita la reflexió sobre l'aprenentatge.

La Taula 46 mostra els criteris en què els estudiants s'han de fixar per autoavaluar-se una vegada acabat l'exercici EX3 de CiC enunciat en aquesta referència⁵³.

Grup autor del treball:	Grup avaluador:	Nota final: _____
-------------------------	-----------------	-------------------

Criteris	Valoració	Observacions
Seguiment del mètode de l'assignatura per resoldre problemes amb qualitat		
Part 1 (circuit de la Fig 1)		
Part 2 (circuit de la Fig 2)		
Simulacions		
Muntatges de laboratori		
Part 3		

Taula 46. Criteris per a l'autoavaluació de l'EX3 de CiC (curs 08-09-Q1).

Així mateix, també està previst que aplicant els mateixos criteris avaluïn un parell de treballs dels seus companys. En aquest cas, per simplicitat, els treballs dels grups adjacents, tot i que es pot organitzar amb qualsevol altre ordre. Per ajudar-los a determinar el grau de qualitat amb què han de corregir es va implementar la rúbrica

⁵³ Exercici EX3 de CiC proposat el curs 08-09-Q1: [Referencia quan vagi bé la web](#)

de la Taula 47, en la qual es detalla com s'ha de procedir a l'assignació de notes per a cada criteri.

Hom pot veure que si per cada exercici haguéssim de procedir d'aquesta forma, preparant rúbriques tan laborioses a més de fer la pròpia d'autoavaluació durant la classe presencial (ja que seria l'única forma de garantir que els estudiants no negociessin les qualificacions creuades), esmerçaríem un temps de professor prohibitiu. Així doncs, una avaluació creuada d'aquesta mena és recomanable de fer tan sols un cop per quadrimestre, amb la intenció més aviat de familiaritzar-los amb el mecanisme que se segueix quan s'avalua i fer-los entendre que avaluar és una de les competències més exigents (precisament la més alta en la categorització de Bloom [63]).

La Taula 48 mostra els resultats obtinguts juntament amb la qualificació donada pel professor, el qual, segons sigui el seu parer, validarà la mitjana que s'han assignat els alumnes o bé decidirà una altre qualificació. En vermell es mostren els tres grups on el professor ha anotat diferentment a la mitjana registrada pels alumnes. Atenent als resultats, observem que, en general els estudiants ja s'avaluen prou encertadament ells mateixos, així que concloem que és convenient incorporar definitivament l'autoavaluació en la planificació de les matèries. Així mateix ens adonem que no s'assignen directament les notes més altes, sinó que, en general segueixen les indicacions de la rúbrica i s'assignen la nota que creuen més adequada.

L'autoavaluació de caire formatiu facilita força les tasques de *feedback* i potencia els estudiants en la línia de resoldre problemes amb el màxim nivell de qualitat. Per això és necessari que els procurem una rúbrica detallada i ajustada al continguts particulars de cada exercici, la qual cosa comporta un treball que només es pot completar en diversos quadrimestres perquè caldrà adequar-la cada vegada que es modifiqui l'enunciat del problema. Persistint en l'ús d'aquests mètodes, els docents arriben a estructurar els continguts de la matèria fins al punt que identifiquen patrons repetitius que poden aplicar una vegada i una altra en cada exercici i arribar a la sistematització de les solucions dels problemes que plantegen.

Fixem-nos en el primer criteri de la Taula 46, bàsicament se'ls demana que valorin si la solució que corregeixen s'ajusta al procediment estàndard de resolució que es proposa a l'assignatura⁵⁴. Hem canviat CiC per adaptar-la al treball cooperatiu amb problemes i resulta que ens trobem discutint els conceptes i estratègies similars a les que hem presentat en aquest treball per a l'ED on també resolen problemes seguint procediments sistematitzats. Definitivament, després del transitori inicial necessari per canviar la mecànica de la matèria, les eines i recursos que cal desplegar per organitzar una metodologia activa sistemàtica, són perfectament exportables a altres matèries.

⁵⁴ http://digsys.upc.es/sed/CiC/CiC_1AT3/info/CiC_1AT3_07-08_Q2_criteris_correccio.pdf

Criteris per avaluar l'EX3 de CiC			
	Nivell de qualitat		
Criteri	Notable	Suficient	Insuficient
Seguiment del <u>mètode de l'assignatura per resoldre problemes</u> amb qualitat (1)	L'exercici segueix perfectament les indicacions del document de qualitat: plantejament amb esquemes; explicacions sobre què s'ha de calcular i com es farà; desenvolupament a partir d'equacions algebraïques; comprovació dimensional; càlcul de les solucions numèriques; detecció d'errors fora de rang; etc.; presentació sense faltes d'ortografia; facilitat de lectura, etc.; temps d'estudi, pla de treball, signatures. (1)	Se segueix el format, però s'observa que s'empassen passos i que alguns càlculs no estan explicats. Hi ha un parell de coses que no s'ajusten al format. Cal fer petits canvis o retocs, però no pas gran cosa. Falta emplenar l'apartat de temps d'estudi, el pla de treball o les signatures. És difícil de llegir o seguir el desenvolupament. No està prou ben explicat. (0,5)	EL document no s'adapta al format. És clar que no s'han mirat ni com s'havia de presentar. El document no pot presentar-se a no ser que es reformati completament. (0,3) → NOTA: Aquesta qualificació és definitiva i no cal continuar corregint
Part 1 (circuit de la Fig 1) (1)	L'apartat 1 està completament resolt pels 3 mètodes. L'apartat 2 del Thévenin en borns de R2 s'ha trobat analíticament i s'ha tractat de calcular els valors demanats, explicant perquè no ha estat possible. (1)	S'ha fet solament la solució amb 1 o 2 mètodes, o bé no s'acaba de demostrar que s'obté el mateix per diferents mètodes d'anàlisi. O bé no s'ha fet l'apartat 2 del Thévenin (0,5)	Cal repetir l'anàlisi de la Part 1 perquè o no hi és , o bé és incorrectes. Hi ha alguns errors importants d'unitats o dimensions que cal refer (0,1)
Part 2 (circuit de la Fig 2) (2)	Els apartats 7 i 8 estan completament resolts pels 3 mètodes. També hi ha l'apartat 10 de potències resolt. (2)	S'ha fet solament la solució amb 1 o 2 mètodes, o bé no s'acaba de demostrar que s'obté el mateix per diferents mètodes d'anàlisi (1)	Cal repetir l'anàlisi de la Part 2 perquè o no hi és , o bé és incorrectes. Hi ha alguns errors importants d'unitats o dimensions que cal refer (0,1)
Simulacions Proteus (1)	Estan fetes correctament les simulacions dels exercicis de la Part 1 i 2. Cada gràfica és significativa i s'explica quina informació aporta a l'informe. (1)	S'han fet sols algunes simulacions correctament. Hi ha algunes gràfiques o esquemes per explicar. No es veuen bé les mesures. (0,5)	No estan fetes les simulacions, o bé si n'hi ha alguna, no està explicada ni és significativa. Cal repetir-les (0,1)
Muntatges de laboratori (3)	S'ha muntat el circuit de la Fig. 1 al laboratori. S'ha fet la font de corrent, s'ha explicat com funciona i quines mesures es van realitzar. (apartat 5). S'ha fet la seqüència correcta: esquema, càlculs, simulació, muntatge, mesures i explicacions dels resultats. S'ha muntat i documentat també el rectificador i filtre. (3)	Hi ha el muntatge (alguna foto), però no pas la informació sobre com funciona l'esquema muntat o els càlculs dels components. Es pot millorar si es presenta l'exercici fet amb la seqüència correcta. (1,5)	No s'ha posat cap circuit dels muntats al laboratori. S'ha de repetir (0,1)
Part 3 (pont de Wheastone i resistències internes dels instruments i anàlisi de fonts de tensió i corrent reals) (2)	D'aquesta part s'ha cercat i s'ha afegit a l'informe informació i anàlisis sobre el pont de Wheatstone, s'han tractat de fer els càlculs del pont per mesura de resistències, per mesura amb sensors, o s'han demostrat o explicat alguns circuits per fer fonts i de càlculs de resistències internes dels instruments de laboratori. (2)	S'ha posat alguna fotocòpia d'algun sensor (apartat 159, o bé s'ha calcular el circuit de mesura de resistències amb pont de Whesatone (13 -14), o bé s'ha explicat algun dels circuits de càlcul de resistències internes d'instruments. (1)	No s'ha fet (0,1)

Taula 47. Rúbrica de criteris de correcció de l'EX3 de CiC.

EX3 de CiC		Grups cooperatius avaluats													
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16
Grups avaluadors	G1	6,1	4,3												
	G2	6,1	4,3	7,6											
	G3		3,3	7,6	4,2										
	G4			6,35	6	6,3									
	G5				4,2	6,1	1,4								
	G6					6,6	2,8	6,1							
	G7						5,6	5,85	6,2						
	G10							4,1	6,1	5,1					
	G11								6,35	5,1	5,1				
	G12									5,1	5,1	3,2			
	G13										5,1	3,95	6,1		
	G14											3,2	7,5	4,7	
	G15												6,1	5,2	0,3
	G16	6												5,2	0,3
	(prof)	6,5	4,5	7,5	6	6,5	3	7	7	5,5	5,5	4,5	8	5,5	0,3

Taula 48. Resultats obtinguts en l'exercici d'autoavaluació de l'EX3 de CiC.

4.3.2 Experiència d'autoavaluació del portafolis d'ED

Una de les activitats en què s'ha usat l'autocorrecció des del començament és la de la preparació del portafolis. Aquest instrument (Fig. 108), generat seguint unes pautes⁵⁵, conté les evidències que s'han anat treballant durant el curs amb anotacions del professor i la reflexió dels alumnes sobre la matèria. Per això ens ha convingut subministrar-los una rúbrica com la Taula 49, perquè els ajuda a considerar tots els ítems que volem que inclogui el portafolis.



Fig. 108. Exemples de portafolis d'ED en paper.

Hem de recordar que el professor jutjarà si realment la nota que s'han assignat els estudiants és definitiva o no. Durant el curs té força ocasions per anar observant com

⁵⁵ Les plantilles en català i anglès són a: http://digsys.upc.es/sed//ED/dossier_aprenentatge/Dossier_Aprenentatge.html

i amb quin nivell de qualitat treballen els estudiants i això redueix en gran mesura les opcions de conductes deshonestes.

**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Departament
d'Enginyeria
Electrònica

Digital Electronics (ED)

Quality criteria to implement and assess the
Cooperative group portfolio

Date: 08.06.09 Class: 1BT 5

- Cooperative group who is the owner of the portfolio being assessed: Group 3
- Group who assesses (in case of self-assessment, the same group who is the portfolio's owner) : Group 3

Please, write down a number in every cell:
P = marks (0-10); W = criterion's weight; T = totals = P x W

Criteria	(Assign maximum mark if:)	P	W	T
Reading easiness and document order		7,5	0.10	0,75
<ul style="list-style-type: none"> - Portfolio documentation can be easily read (20%) - It includes a table of content (30%) - It is fast to find some specific material, or it is easy to determine what it is lacking (20%) - Sheets are of the same size and numbered (30%) 				
Organisation and structure		8	0.20	1,6
<ul style="list-style-type: none"> - More than 80% of the course activities are included (exercises, controls, application project) (10%) - It contains notes and summary sheets elaborated by the group (10%) - It contains meaningful printed materials from books or Internet (10%) - It contains sheets to reflect on the subject (team members' views, course learning and organization, things to be improved or to be praised, etc.) (50%) - It is organized like a book: by content or by minimums (every piece of work from the activities, which belongs to the same content, has to be placed together) (20%) 				
Information about the teamwork sessions out of class (TWC)		10	0.30	3
<ul style="list-style-type: none"> - The first and the last sheets of the exercises (study time, workload, task distribution, statement, exercise's view) is included (50%) - All group members have participated in sessions (50%) <p>(if only a percentage X of the exercises were completed, multiply the grade by X/100)</p>				
About the application project		6	0.10	0,6
<ul style="list-style-type: none"> - The application project deliverable, written following the template hints, is included (first page, table of content, chapters I, II, and III) (50%) - Oral presentation slides are included (30%) - A sheet explained which slides were improved according to the discussion held in class, is also included (20%) 				
About the exercises		10	0.10	1
<ul style="list-style-type: none"> - All the exercises included were written following the quality criteria (problem initial plan and method to be followed to reach the solution, algebraic development, numerical solution or specific circuit design, simulation and verification) (30%) - There are included some exercises which were improved accordingly to the review's comments (40%) - Some team member's minimum exams are included (30%) 				
About the additional study materials (chip's technical information, class notes, experiments, simulations, etc.)		9	0.20	1,8
<ul style="list-style-type: none"> - These extra materials are well organised and classified accordingly to its content and placed in the corresponding folder (20%) - Materials photocopied or printed contains authoring information and date of consulting (30%) - Some significant sheets from electronics components datasheets were printed and included (50%) 				
Global mark (column T addition)				9

Taula 49. Full d'autoavaluació del portafolis d'ED anotat per un grup de treball.

4.3.3 Autoavaluació en els exercicis de CSD

En introduir els estudis de grau, les bones pràctiques desenvolupades durant el pla pilot d'adaptació a l'EEES s'han copiat a la nova assignatura CSD. I una de les més remarcables és precisament l'obligació dels grups cooperatius d'autoavaluar-se els exercicis abans de deixar-los al seu portafolis electrònic preparats per a la correcció del professor. La plantilla de l'exercici⁵⁶ conté la graella d'autoavaluació, i a vegades fins i tot la rúbrica detallada de com han d'enfocar la puntuació de cada secció. La Taula 50 mostra un exemple de la rúbrica construïda per a un exercici de CSD.

Here is an example of a rubric to assist you in the self-assessment process, assuming that there may be slight variations in the grading of each part, depending on what is understood as being exemplary or competent.				
Rubric for self-assessing EX2				
Assessment criteria:	Exemplary	Competent	Needs work	
The completeness of the design projects and the quality of the documentation	All of the projects have been solved. A high-quality, error-free document has been submitted and the template provided has been used correctly. A true work in cooperative group. The study plan, the abstract, the question section and the references are completed.	Some parts are missing and others have been completed correctly. The document presents some problems, such as spelling mistakes or cross-references. There may also be timing diagrams without comments, making it difficult to demonstrate that the projects work. It is not clear that the group has worked and planned the exercise cooperatively. It looks as if one student has done the job of the others.	Repeat the project paying close attention to the quality of the final document: pictures, titles, table of contents, etc. Ask your instructor on how to proceed in order to get a minimum mark.	
Part 1: Counters in VHDL a), b), c), d)	Projects Johnson_counter_5bit , Chip_74HC4017 , and Freq_div_21 , work right, and the gate level simulation of the Freq_div_21 works also right. (4p)	Only one activity has been completed (functional simulation of the Johnson counter). The gate-level simulation has not been achieved or does not work as expected. (2p)	The activities are not done, or too many errors in the design or documentation.	
Part 1: The CLK generator e)	The CLK_generator project is completed and running. A final gate-level simulation and training board demonstration works as expected and measurements have been made using laboratory instrumentation. (1p)	One of the projects is missing or not running correctly. The final gate-level simulation of one of the projects works correctly. (0.5p)	None of the activities have been done.	
Part 2: Standard sequential block f), g)	The project Data_register_16bit is working and the Bike_running is also finished and running. (3p)	Only one project is correct and finished. (1.5p)	Not done.	
Part 3: Debouncing circuit h)	The Debouncing_filter is finished so, the Debouncing_filter_tester works as expected. (2p)	The test for the debouncing filter has not been finished, but the way the filter works is described correctly. (1p)	Not done.	
				Total

Taula 50. Rúbrica d'avaluació proposada per a l'exercici EX2⁵⁷ de CSD.

⁵⁶ Els enunciats dels exercicis es poden consultar a la pàgina web de cada quadrimestre.

⁵⁷ <http://digsys.upc.es/ed//CSD/terms/1314Q2/probl.html#EX2>

Una vegada més insistirem que no és necessari facilitar rúbriques tan detallades per a cada problema que els proposem. Més aviat hem comprovat que és suficient usar-la sols un parell de vegades durant el curs, ja que l'objectiu és que practiquin i es facin càrrec de la complexitat de la competència de l'avaluació. En general, en els exercicis ens conformem a demanar-los que emplenin una graella com la mostrada a la Fig. 109, a partir de la qual el professor ja es pot fer una idea prou clara del nombre de projectes que han dut a terme i els podrà comparar amb les seves anotacions de classe.

For example, this is a grading table for the term 13/14 – Q2:

	Part 1 Basic theory, counters and frequency dividers		Part 2 Sequential standard blocks	Part 3 Simple FSM applications	Total
	P0: Lamp controller a)	P1: CLK Generator d), e)	P2: CD54HCT191 b), c), d), f)	P3: Debouncing filter h)	
Scores	1	3	4	4?	
Self-assessment	1 ?	3 ?	4 ?	0	
Instructor's grades					8

⇒ I want to discuss with you this problems Let's say a 4 and let's fix ideas after the interview ? Not clear

Fig. 109. Graella d'avaluació d'un exercici de CSD emplenada pel grup. Aquestes evidències són consultables cada curs acadèmic perquè queden registrades al portafolis dels estudiants enllaçat a la secció d'agenda del curs.

4.4 L'opinió dels estudiants sobre les assignatures

Una de les iniciatives que ha estat clau per a l'èxit i el manteniment de les experiències docents ha estat la realització d'enquestes als estudiants. El mètode sistemàtic que proposem validar en aquest treball preveu, en el cinquè punt, que un cop curs acabat, es faci una anàlisi per determinar què ha estat positiu i es pot tornar a aplicar, què no ha estat vàlid i s'ha de descartar i què s'ha de modificar per continuar-ho aplicant amb més eficiència. A part de la visió que en puguin tenir els professors, conèixer l'opinió dels estudiants sobre la feina que han realitzat durant el curs encara és més important, ja que ells són els protagonistes i receptors de les accions proposades.

Les primeres experiències d'enquestes van ser a l'assignatura ED [158], impartida amb innovacions docents amb uns estudiants no avesats a gaires novetats en el seu primer any a la universitat. Després, a la vista dels resultats i de la riquesa de la informació obtinguda, enquestes similars van usar-se a l'assignatura SED amb estudiants de segon curs, així com també a la prova pilot realitzada a l'assignatura CiC d'1A durant uns quadrimestres. A l'assignatura de grau CSD es continua recollint informació a través d'enquestes⁵⁸, i continua sent un dels ítems que més es tenen en

⁵⁸ A la secció *feedback* de cadascun dels cursos accessibles des de la web de l'assignatura hi ha totes les dades recollides: <http://digsys.upc.es/ed//indexcourses.html>.

compte a l'hora de realitzar modificacions i ajustos de continguts i de desenvolupar les competències genèriques.

Per dissenyar una enquesta s'han de seguir les fases llistades a la Taula 51 [159].

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">A. Definir quina informació necessitem i de quin sector de la població volem obtenir-la.B. Definir la mostra que utilitzarem per aconseguir-la.C. Elaborar el qüestionari.D. Planificar el treball de camp.E. Tabulació i anàlisi de dades.F. Extracció de conclusions i presentació de resultats. |
|---|

Taula 51. Fases de disseny d'una enquesta.

Pel que fa a la informació que necessitem l'interès se centra en la valoració del curs per part dels estudiants i de la feina realitzada pels professors. Quant al sector de població, és el grup-classe impartit per un professor. La mostra serà tota la classe, a diferència d'altres estadístiques fetes per l'escola a mitjan quadrimestre o la universitat, en què la participació és voluntària.

Per aconseguir les valoracions dels estudiants es poden usar entrevistes orals o qüestionaris de diversos tipus, anònims o nominals. En el nostre cas, la tasca sistemàtica principal de recollir valoracions s'ha centrat en l'ús de qüestionaris anònims que s'han d'emplenar obligatòriament en finalitzar el curs. També s'usen de forma puntual altres mecanismes com ara el qüestionari d'incidències crítiques o les entrevistes personals a l'aula o al despatx en funció de com està anant el curs o de la complexitat de les experiències dutes a terme.

Un cop redactat el qüestionari, que s'explicarà més endavant, la planificació del treball de camp és prou senzilla, es tracta simplement de passar el qüestionari als alumnes en una sessió de classe propera al final de curs i sense avís previ. Es reserva una estona d'entre 10 minuts i un quart d'hora per respondre'l i tot seguit es recull, sent el professor l'encarregat de dur a terme aquesta feina.

Finalment el processament de les dades es duu a terme mitjançant un aplicació en full de càlcul que permet generar gràfiques a partir de les respostes.

4.4.1 Instruments per a l'obtenció de dades dels estudiants.

4.4.1.1 El qüestionari de tipus SEEQ

Pel que fa a l'elaboració del qüestionari, hem tendit a l'estandardització procurant prendre'n un de referència que ja sigui conegut per la comunitat universitària, l'*Student Evaluation of Educational Quality* (SEEQ) [160], un qüestionari prou acceptat sobretot en món anglosaxó i d'ús lliure com també ho és el *Course Experience Questionnaire* (CEQ) [161]. Una versió traduïda del SEEQ es troba disponible a la web de l'ICE de la UPC [166] des de fa uns anys juntament amb articles de referència sobre el tema. Aquest fet ens va fer decidir per aquest qüestionari. Es tracta d'una llista de preguntes agrupades en seccions i més aviat centrades en la

docència tradicional amb classes magistrals en la qual el professor és el centre de tot el procés, cosa que el fa poc apropiat per aplicar en el nostre context procliu al canvi i a les experiències diverses. Així que, tot i mantenir-ne la forma, se n'ha fet una adaptació i s'hi han introduït preguntes associades a l'aprenentatge cooperatiu i a les innovacions en què es treballa a les nostres assignatures. En el nostre cas, tot i que la feina del professor continua sent molt rellevant (no deixa de tractar-se d'uns estudis presencials), l'actitud dels estudiants en el desenvolupament de les sessions de treball en grup és molt important. Per això l'enquesta respecta el format original, però s'ha ampliat a 46 ítems a més de mantenir les 3 preguntes obertes.

La Taula 52 mostra el qüestionari complet de les últimes edicions d'ED⁵⁹. Des del principi el qüestionari s'ha mantingut pràcticament inalterable, l'única diferència rau en la pregunta K2, incorporada darrerament per clarificar el nivell d'interès dels estudiants en la matèria un cop acabat el curs. Els blocs de preguntes o seccions del qüestionari s'han mantingut tal com són a l'original, tot i que es van modificar i afegir preguntes: aprenentatge, entusiasme, organització, interacció amb el grup, actitud personal, contingut, exàmens, treballs del curs, càrrega del treball i dificultat, visió general i altres opinions sobre la matèria o el curs.

Grup-classe _____

Electrònica Digital

ENQUESTA D'AVUACIÓ DE LA QUALITAT DOCENT

L'objectiu d'aquesta enquesta és recollir informació que pot ser de gran ajuda per a la millora de futures edicions d'aquest curs.

Si us plau, indica el teu grau d'acord segons l'escala de la dreta amb cadascuna de les afirmacions relatives a aquest curs i deixa la resposta en blanc si l'afirmació no és rellevant. No dediquis gaire temps a decidir cadascuna de les respostes. La teva primera reacció probablement és la millor.

	Molt en desacord	En desacord	Neutre	D'acord	Molt d'acord
A. APRENTATGE					
A1. El curs m'ha semblat intel·lectualment engrescador i estimulant	1	2	3	4	5
A2. He après coses que considero valuoses	1	2	3	4	5
A3. El meu interès en la matèria ha augmentat com a resultat d'aquest curs	1	2	3	4	5
A4. He après i he comprès els continguts d'aquest curs	1	2	3	4	5
A5. També he après temes tècnics en anglès, a treballar en grup i he millorat les presentacions orals	1	2	3	4	5
B. ENTUSIASME					
B1. El professor ha mostrat entusiasme impartint aquest curs	1	2	3	4	5
B2. El professor ha estat dinàmic i actiu durant el curs, especialment a les classes de treball en grup	1	2	3	4	5
B3. El professor aconsegueix que les seves presentacions resultin amenes	1	2	3	4	5
B4. Amb la seva manera de presentar la matèria, el professor aconsegueix mantenir l'atenció durant totes les classes explicatives	1	2	3	4	5
B5. He assistit amb regularitat a les classe lectives i he participat activament a les sessions de treball en grup	1	2	3	4	5
C. ORGANITZACIÓ					
C1. Les classes explicatives han estat clares i una bona ajuda per comprendre la matèria	1	2	3	4	5
C2. El material del curs estava ben preparat i s'ha explicat curosament	1	2	3	4	5
C3. Els objectius anunciats coincideixen amb el que realment s'ha ensenyat, de manera que sempre he sabut cap a on anava la cosa	1	2	3	4	5
C4. Les classes de treball en grup en horari lectiu han estat d'utilitat i ben organitzades	1	2	3	4	5
C5. Les classes de treball en grup que hem organitzat regularment fora de l'horari lectiu han estat profitoses i d'utilitat	1	2	3	4	5
C6. El campus digital i la web de l'assignatura són útils i contenen material útil per al seguiment del curs	1	2	3	4	5

⁵⁹ Aquesta és l'enquesta en anglès:

http://digsys.upc.es/sed//ED/enquestes/Full_Questionari_SEEQ_adaptat_%20ED_AC_v1_englishx.pdf

D. INTERACCIÓ AMB EL GRUP					
D1.	El grups de treball han estat una bona eina per estudiar, aprendre l'assignatura i compartir coneixements i idees	1	2	3	4 5
D2.	S'animava els estudiants a preguntar i se'ls donava respostes satisfactòries	1	2	3	4 5
D3.	S'animava els estudiants a expressar les seves idees i a qüestionar les expressades pel professor	1	2	3	4 5
D4.	Hem assistit a cada sessió amb tot el material necessari preparat	1	2	3	4 5
E. ACTITUD PERSONAL					
E1.	El professor s'ha mostrat accessible en el tracte individual amb els estudiants	1	2	3	4 5
E2.	El professor em feia sentir ben rebut quan li demanava ajut o consell dintre o fora de les hores de classe	1	2	3	4 5
E3.	El professor ha mostrat interès sincer per tots els alumnes	1	2	3	4 5
E4.	El professor estava adequadament disponible per als estudiants fora de les hores de classe	1	2	3	4 5
E5.	He mantingut una actitud responsable i positiva amb els altres membres del grup de treball	1	2	3	4 5
F. CONTINGUT					
F1.	El professor ha analitzat quan calia les implicacions de plantejaments alternatius a les teories exposades	1	2	3	4 5
F2.	El professor ha presentat l'origen o fonament de les idees o conceptes desenvolupats a classe	1	2	3	4 5
F3.	El professor ha presentat punts de vista diferents dels seus quan calia	1	2	3	4 5
F4.	El professor ha discutit de forma adequada els avenços actuals en la matèria	1	2	3	4 5
F5.	Les sessions de caire demostratiu de continguts avançats m'han interessat i m'han donat perspectiva	1	2	3	4 5
G. EXÀMENS					
G1.	Els comentaris del professor sobre els exàmens i treballs corregits han sigut de gran ajuda	1	2	3	4 5
G2.	Els mètodes d'avaluació d'aquest curs són equitatius i adequats	1	2	3	4 5
G3.	Els continguts dels exàmens i d'altres treballs avaluats es corresponien amb els continguts del curs i amb l'èmfasi que ha posat el professor a cada tema	1	2	3	4 5
H. TREBALLS DEL CURS					
H1.	La bibliografia i el material recomanat d'aquest curs són complets i adequats	1	2	3	4 5
H2.	La bibliografia, el material adicional, els treballs encarregats, etc., contribueixen a millorar la valoració i la comprensió de la matèria	1	2	3	4 5
H3.	El projecte d'aplicació és de molta utilitat per entendre millor el curs, aprendre a organitzar un treball i veure aplicacions pràctiques de la matèria	1	2	3	4 5
H4.	La carpeta de curs (portafolis) m'ha ajudat a organitzar el meu estudi	1	2	3	4 5
I. CÀRREGA DE TREBALL I DIFICULTAT					
I1.	Aquest curs, comparat amb altres, ha estat				
	Molt fàcil Fàcil Normal Díficil Molt difícil	1	2	3	4 5
	1 2 3 4 5				
I2.	La càrrega de treball d'aquest curs, comparada amb altres, ha estat				
	Molt petita Petita Normal Gran Molt gran	1	2	3	4 5
	1 2 3 4 5				
I3.	El ritme del curs ha estat				
	Molt lent Lent Normal Ràpid Molt ràpid	1	2	3	4 5
	1 2 3 4 5				
I4.	De mitjana, la càrrega de treball setmanal de l'assignatura incloent les hores de classe i el treball fora de classe ha estat (en hores)				
	de 0 a 4 de 4 a 6 de 6 a 8 de 8 a 10 més de 10	1	2	3	4 5
	1 2 3 4 5				
J. VISIÓ GENERAL					
J1.	Aquest curs és millor que la majoria dels que he fet en aquesta universitat	1	2	3	4 5
J2.	Aquest professor és millor que la majoria dels que he tingut en aquesta universitat	1	2	3	4 5
K. ALTRES OPINIONS SOBRE LA MATÈRIA I EL CURS					
K1.	El teu nivell d'interès sobre la matèria abans de fer aquest curs era				
	Molt baix Baix Normal Alt Molt alt	1	2	3	4 5
	1 2 3 4 5				
K2.	El teu nivell d'interès sobre la matèria després d'haver fet aquest curs és				
	Molt baix Baix Normal Alt Molt alt	1	2	3	4 5
	1 2 3 4 5				

K3. La qualificació final que esperes obtenir en aquest curs és										
< 3	entre 3 i 5	entre 5 i 7	entre 7 i 9	> 9		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5						
K4. Recomanaria l'aplicació del mètode d'aprenentatge cooperatiu a altres assignatures de la carrera						1	2	3	4	5
<p>Si us plau, indica quines són les característiques d'aquest professor/curs que t'han ajudat més en el procés d'aprenentatge</p> <p>Si us plau, indica quines són les característiques d'aquest professor/curs que s'haurien de millorar de forma prioritària (especialment, aspectes no considerats a les preguntes anteriors)</p> <p>Si us plau, utilitza l'espai addicional per clarificar qualsevol de les teves respostes o per afegir qualsevol comentari complementari</p>										

Taula 52. Qüestionari de tipus SEEQ adaptat a les nostres circumstàncies que s'ha usat a l'assignatura ED de forma continuada.

Al començament es va fer una prova de funcionament d'aquesta enquesta amb un grup pilot i posteriorment, conseqüència dels resultats obtinguts, es va fer extensible a tots els grups-classe. El qüestionari s'ha administrat continuadament fins a la desaparició de l'assignatura amb l'extinció del pla d'estudis. Un qüestionari semblant s'ha processat a les altres assignatures en què s'ha treballat amb el mètode sistemàtic: SED i CiC. L'assignatura troncal CSD del nou pla d'estudis continua fent ús del qüestionari SEEQ per valorar l'efectivitat de la docència des de tots els seus angles i poder prendre decisions correctes sobre les possibles millores a efectuar.

4.4.1.2 Les enquestes tradicionals de la UPC i les seves limitacions

La necessitat del qüestionari SEEQ per acompanyar les experiències d'innovació es va fer evident en veure que les preguntes de la Universitat sobre l'actuació docent del professorat eren força limitades (vegeu la Taula 53). Quan es posa en marxa una iniciativa de millora docent cal pensar que el professor necessita molta més realimentació de la que es pot obtenir a través d'aquesta enquesta oficial. A més, se sap que precisament els professors que arrenquen noves metodologies obtenen pitjors resultats en les enquestes [163] ja que els estudiants, avesats a mètodes tradicionals passius, no són gaire favorables a canvis que els comportin feina addicional. Per tant, el professor que tracti d'innovar ha d'estar preparat per, a més a més, obtenir enquestes pitjors que quan ensenyava tradicionalment, almenys en començar, fins que la cultura de la innovació s'hagi difós prou [55], si és que alguna vegada s'aconsegueix aquest canvi paradigmàtic. Tanmateix, el nostre treball reiteratiu en aquest sentit amb els resultats que hem reportat ens referma en la necessitat de no cedir, de no caure en el desànim.

Qüestions d'actuació docent:

- 1: Crec que aquest/a professor/a m'ha ajudat a comprendre aquesta matèria.
- 2: Penso que està motivat/ada en la matèria que imparteix.
- 3: Considero que es mostra receptiu/iva per resoldre els dubtes dels estudiants.

4: Penso que el/la professor/a que ha impartit aquesta assignatura és un/a bon/a professor/a.

Qüestions sobre l'assignatura:

1: Crec que el seguiment d'aquesta assignatura m'aporta nous coneixements.

2: Crec que el temps de treball personal que s'ha de dedicar a aquesta assignatura per tal de seguir-la amb aprofitament per hora de classe impartida és aproximadament:

1: > 2 hores; 2: de 1 a 2 hores; 3: 1 hora; 4: < 1 hora; 5: cap

3: La matèria que es tracta en aquesta assignatura m'interessa.

4: Les condicions (espais, material equipaments...) en què s'imparteix aquesta assignatura crec que són adequades.

5: La meva valoració global de l'assignatura és positiva.

Taula 53. Preguntes de la primera enquesta oficial de la Universitat.

4.4.1.3 L'enquesta de l'EETAC a mitjan quadrimestre

Pel que fa a l'EETAC, de de fa anys, i emmarcat en el context del projecte de qualitat, l'escola administra a mitjan quadrimestre un qüestionari als estudiants en el qual es demanen dades i opinions sobre el funcionament de les assignatures de cada curs. La Taula 54 mostra les preguntes, les dues primeres de les quals són obertes.

1. Aspectes positius
2. Aspectes negatius
3. Ordena de 1 a 5 (ordre creixent) la dificultat de l'assignatura (1: la més difícil)
4. Ordena de 1 a 5 (ordre creixent) la dificultat personal per seguir-la (1: la més difícil)
5. Indica el nombre d'hores/setmana de treball que dediques a cada assignatura (incloent les de classe)
6. Et sents ben informat del teu progrés en l'assignatura? (SÍ/NO)

Taula 54. Exemple de full de qüestionari passat a mig quadrimestre de l'EETAC.

Defensem la idoneïtat d'aquestes enquestes aplicades a totes les assignatures, pel valor que tenen la comparativa i l'anàlisi que se n'extreu des de direcció d'estudis i coordinació horitzontal. En el nostre cas, quan ha participat un nombre representatiu d'estudiants publiquem les dades referents a l'assignatura CSD⁶⁰ i les tenim en compte per si hem d'actuar en algun aspecte de la docència.

4.4.1.4 L'enquesta sobre l'ús de l'anglès

L'EETAC, durant uns anys, i en posar en marxa la impartició d'assignatures en anglès amb l'objectiu de desplegar l'aprenentatge d'aquesta competència genèrica, ha administrat un qüestionari com el representat a la Taula 55. L'objectiu ha estat recollir dades sobre l'evolució de l'experiència mantenint l'atenció sobre el projecte. La discussió sobre els resultats obtinguts amb aquesta enquesta, en la remarcable

⁶⁰ <http://digsys.upc.es/ed//CSD/feedback/CSDfdbk.html>

experiència que estem duent a terme en l'ús de l'anglès en les assignatures de sistemes digitals, es pot llegir a la secció 4.5 d'aquest mateix capítol.

% d'ús de l'anglès a l'assignatura	Per part del professor a les seves explicacions a classe	Per part dels estudiants a les seves intervencions a classe	Per part dels estudiants quan treballen l'assignatura amb companys fora de classe
Valoració de l'1 al 5 sobre la dificultat personal per seguir l'assignatura en anglès (1: mínima; 5: màxima)			
Valoració de l'1 al 5 sobre la influència que creus que el fet que l'assignatura s'imparteixi en anglès tindrà sobre la teva qualificació final (1: poca; 5: molta)			
Valoració global de l'1 al 5 sobre el teu grau de satisfacció amb el fet que l'assignatura s'imparteixi en anglès (1: molt insatisfet; 5: molt satisfet)			
	Positius	Negatius	
Indica els aspectes positius i els negatius de cursar l'assignatura en anglès			

Taula 55. Qüestionari sobre l'ús de anglès a l'EETAC.

4.4.1.5 La nova enquesta de la UPC adaptada a l'EEES

Finalment, el procés d'adaptació a Bolonya ha comportat que la UPC repensi el model d'enquesta sobre l'actuació docent (Taula 56) i sobre les assignatures (Taula 57), en el sentit d'incloure-hi la nova realitat, per exemple el rol del professor i les metodologies docents que s'han posat en marxa per aprendre a desenvolupar competències genèriques i no solament coneixements específics. Tot i que de moment l'inconvenient més gran d'aquesta enquesta rau en la baixa participació dels estudiants, segurament pel format electrònic amb què es recull i de tant en tant s'han d'invalidar els resultats. Per tal d'incrementar la participació, s'estan impulsant accions per administrar-la electrònicament però en espais controlats o en horaris en què hi hagi garantida la presència d'instructors, com ara durant una sessió de laboratori.

FACTOR	ÍTEM	ESCALA DE VALORACIÓ
El/la professor/a...		
Motivació	1. Amb la seva manera de presentar el contingut de l'assignatura, aconsegueix mantenir l'atenció	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord

Organització i continguts	2. Organitza de forma clara i eficaç la matèria, estructurant la progressió adequada dels continguts de l'assignatura	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
	3. El material didàctic que recomana o facilita és eficaç per a l'aprenentatge	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
	4. Les activitats que encarrega en horari no presencial m'ajuden a seguir l'assignatura	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
	5. Els continguts de l'assignatura es posen en relació amb el conjunt de la titulació	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
Interacció amb el grup	6. Fomenta la participació, el debat i els intercanvis d'opinió	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
Actitud personal	7. Es mostra accessible per a la realització de consultes sobre l'assignatura	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
	8. Em fa sentir ben rebut quan li demano ajut o consell	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
Seguiment	9. Em dona suficient informació sobre el meu progrés durant el curs	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
10. El/la professor/a que ha impartit aquesta assignatura és un/a bon/a docent		1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
11. Observacions i/o comentaris		

Taula 56. La nova enquesta de la UPC pel que fa a la valoració del professor.

FACTOR	ÍTEM	ESCALA DE VALORACIÓ
Aprenentatge	1. El meu interès en la matèria ha augmentat com a resultat d'aquesta assignatura	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
	2. He après i he comprès els continguts d'aquesta assignatura	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
	3. He progressat significativament en l'assoliment de les competències genèriques definides per a aquesta assignatura	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
Organització i continguts	4. Els objectius de l'assignatura estan ben definits	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
	5. La utilització de les eines TIC ha millorat el meu procés d'aprenentatge de l'assignatura	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
Sistema d'avaluació	6. L'avaluació es correspon amb els objectius i el nivell de l'assignatura	1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
Càrrega de treball	7. El nivell d'exigència d'aquesta assignatura comparat amb les del mateix quadrimestre/curs, ha estat	1 - Molt més baix 2 - Més baix 3 - Similar 4 - Més alt 5 - Molt més alt
	8. De mitjana, les hores per setmana d'aprenentatge	1 - Menys de 3 hores

	autònom dedicades a aquesta assignatura han estat	2 - Entre 3 i 5 hores 3 - Entre 5 i 7 hores 2 - Entre 7 i 9 hores 2 - Més de 9 hores
9. En conjunt estic satisfet amb aquesta assignatura		1 - Molt en desacord a 5 - Molt d'acord
10. Observacions i/o comentaris		

Taula 57. La nova enquesta de la UPC pel que fa a la valoració de l'assignatura.

Decididament hem de concloure que les enquestes més adequades per mantenir viu i operatiu el model sistemàtic són les de tipus SEEQ, amb les variacions necessàries per preguntar exactament sobre les pràctiques docents concretes que s'han dut a terme durant el curs. Tanmateix, amb el conjunt de resultats obtinguts de les diverses enquestes hem de trobar concordança i, si no és així, cal realitzar l'anàlisi pertinent per inferir què ha passat.

Una de les causes de per què de tant en tant en certes preguntes hi ha disparitat d'opinions és la forma d'administrar-les. Les enquestes electròniques les emplen els estudiants matriculats quan volen dintre del termini establert, així que hi participen també aquells que han abandonat a mig curs. En canvi, en l'enquesta de tipus SEEQ que es passa durant una de les últimes sessions lectives, sols hi participen els que han persistit tot el curs. Així que el verdader valor de l'enquesta sempre ens l'hem de prendre relativament, observant tendències i integrant experiències amb cursos anteriors.

4.4.2 Valoració de l'assignatura ED

Per processar la informació recollida, ha estat necessari preparar el full de càlcul que permet fàcilment i entrar els qüestionaris emplenats pels estudiants de cada grup-classe i visualitzar-los en gràfiques. Aquesta eina es troba a la web de l'assignatura per si és d'interès d'altres professors⁶¹. Així mateix, a la pàgina web d'ED també es poden trobar tots els resultats de les enquestes en gràfiques com les representades a la Fig. 110. També és consultable la presentació de resultats de les enquestes d'ED en les sessions de coordinació del pla pilot [162]. La intenció és mostrar l'opinió dels estudiants de cada quadrimestre des de l'inici de la implantació de les noves metodologies. Aquesta solució permet veure la percepció que tenen de la matèria a mesura que el format en què s'imparteix és més conegut i a mesura que els professors s'especialitzen en la nova metodologia i desenvolupen materials específics.

⁶¹ <http://digsys.upc.es/sed//ED/enquestes/EDfeedback.html>

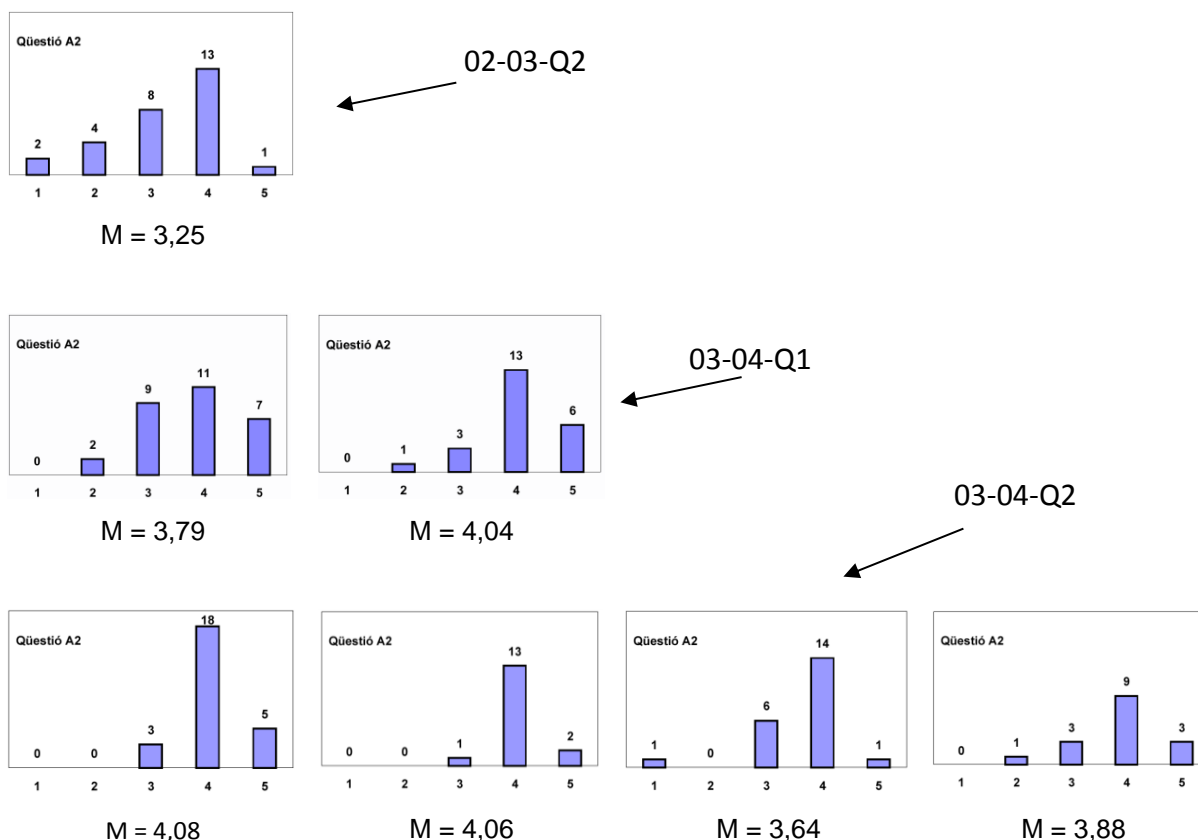


Fig. 110. Respostes de diversos grups en diferents quadrimestres a la pregunta A2 del qüestionari: "He après coses que considero valuoses".

Tal com mostra la Fig. 111 amb gràfics en color, es va començar a calcular la mitjana de les opinions dels estudiants de cada grup-classe interpolant entre cada semestre a través d'una corba per observar més clarament les tendències. Les figures següents ens mostren la totalitat de les gràfiques per a cadascun dels factors (informació que està disponible també a la web de l'assignatura): A, aprenentatge; B, entusiasme; C, organització; D, interacció amb el grup; E, actitud personal; F, contingut; G, exàmens; H, treballs del curs; I, càrrega del treball i dificultat; J, visió general, K, altres opinions sobre la matèria i el curs. Les preguntes de cada apartat són les presentades a la Taula 52.

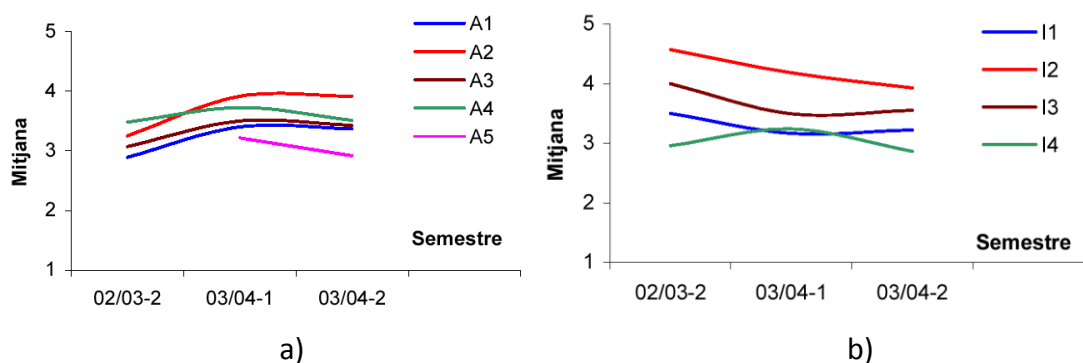


Fig. 111. Mostra del primer treball que es va realitzar per obtenir la gràfica de l'evolució de les respostes al grup de preguntes relacionades amb a) aprenentatge, b) càrrega de treball i dificultat.

La intenció ha estat anar actualitzant aquestes gràfiques d'evolució a mida que s'ha anat impartint l'assignatura i mostrar-les als estudiants a través de la web. Aquestes enquestes són molt importants per detectar errors i punts problemàtics de la metodologia, redreçar l'assignatura i millorar-la. Val a dir que gran part de les reformes apuntades a l'assignatura provenen de suggeriments i valoracions dels mateixos estudiants.

Del conjunt de gràfiques s'extreu que hi ha força estabilitat any rere any, amb l'excepció potser dels últims cursos on s'estava desplegant el pla nou de graus i a l'ED ens quedaven els estudiants del pla d'estudis a extingir que no s'adaptaven. Aquests van mostrar-se més crítics amb tot plegat, i això va fer baixar les mitjanes. En aquests cursos la davallada de notes d'accés ja era significativa (vegeu la Fig. 84) i podríem dir que vam copsar per primera vegada la idea que el mètode sistemàtic no s'ajustaria prou als estudiants amb notes de tall més baixes, que aquests tindrien força més dificultats per aprendre competències genèriques.

Pel que fa a l'aprenentatge, Fig. 112, totes les qüestions treuen prou bons resultats, però la més remarcable ha estat l'A2: "He après coses que considero valuoses".

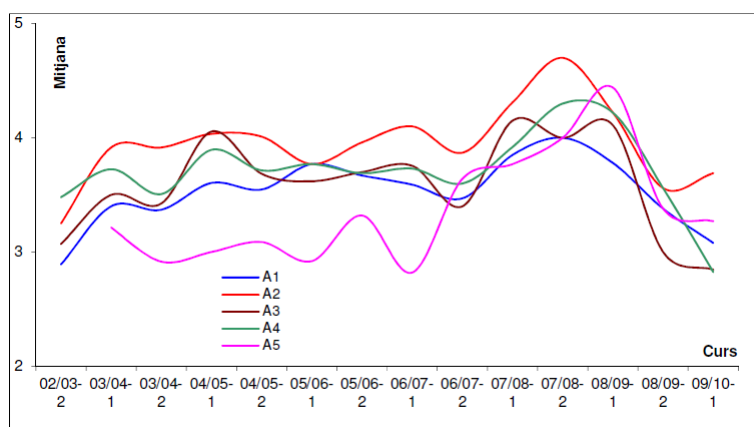


Fig. 112. Evolució de les qüestions relacionades amb l'aprenentatge (A, Taula 52) fins a l'últim curs d'ED.

Pel que fa a la valoració que fan de l'entusiasme tant dels professors com seu ja hi ha més disparitat (Fig. 113). Força valoració té la qüestió B5: "He assistit amb regularitat a les classes lectives i he participat activament a les sessions de treball en grup". Podem certificar que assisteixen força regularment a classe i que també es reuneixen fora de l'aula perquè tenen clar que han de fer gran part del volum d'activitats per aprovar. Certament, el nostre mètode assegura que els estudiants dediquen a la matèria les hores que hi tenen assignades.

D'altra banda, la qüestió que pràcticament sempre està per sota o al voltant del 3, és la B4: "Amb la seva manera de presentar la matèria, el professor aconsegueix mantenir l'atenció durant totes les classes explicatives". Es tracta d'una pregunta pròpia de la metodologia tradicional. Certament no hi ha gaires classes expositives, i no se'ls explica pas tot el contingut. Lògicament doncs, en no ser el professor el centre d'atenció, és difícil respondre a aquesta qüestió favorablement, però no ens preocupa mentre aconseguim que l'estudiant superi els objectius.

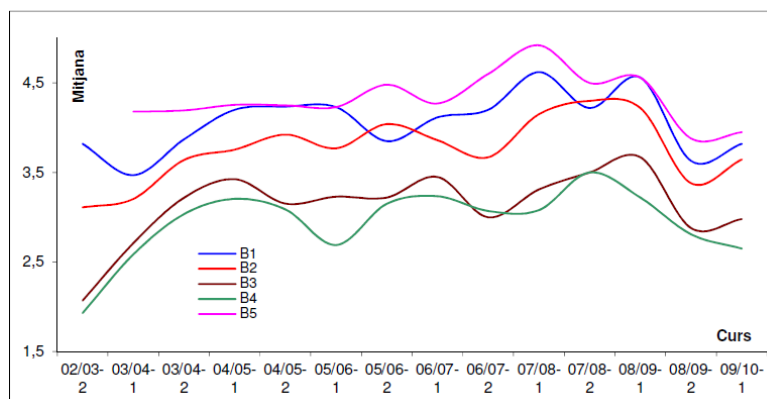


Fig. 113. Evolució de les qüestions relacionades amb l'entusiasme (B, Taula 52).

Pel que fa a les qüestions relacionades amb l'organització del curs (Fig. 114), la valoració és estable i els resultats estan agrupats entre el 3 i el 4. Potser cal destacar la C6: "El campus digital i la web de l'assignatura són útils i contenen material útil per al seguiment del curs". En general, ens comenten que la web està desorganitzada, que conté massa informació, que els costa trobar el que necessiten, però valoren l'accés que tenen a tot el material generat en aquesta matèria. Més ajustada a la mitjana és la pregunta C1: "Les classes explicatives han estat clares i una bona ajuda per a comprendre la matèria", que corrobora el que venim discutint, és a dir, és millor proposar-los problemes que no tenir-los escoltant com nosaltres els resollem.

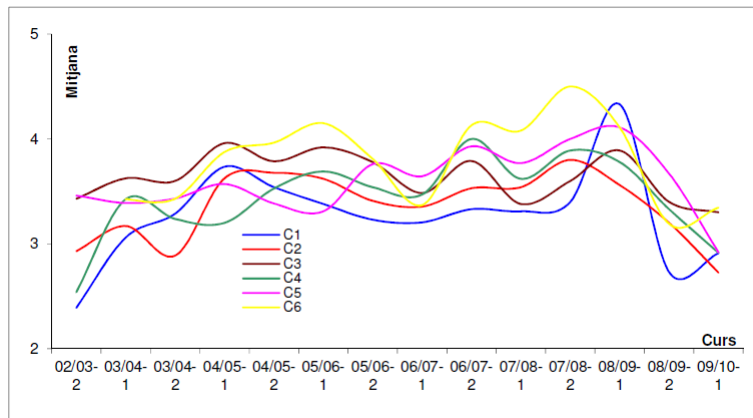


Fig. 114. Evolució de les qüestions relacionades amb l'organització del curs (C, Taula 52).

Decididament, les preguntes agrupades a l'àmbit de la interacció que hi ha hagut a l'aula (Fig. 115), queden per sobre de la mitjana ben agrupades al voltant del 3,5. La D4: "Hem assistit a cada sessió amb tot el material necessari preparat" indica que tenen la percepció que van al dia i que realitzen els projectes segons el calendari. I la D1: "Els grups de treball han estat una bona eina per estudiar, aprendre l'assignatura i compartir coneixements i idees" corrobora la percepció que observem diàriament en el sentit que la col·laboració i la discussió dels materials en grups resulten beneficioses.

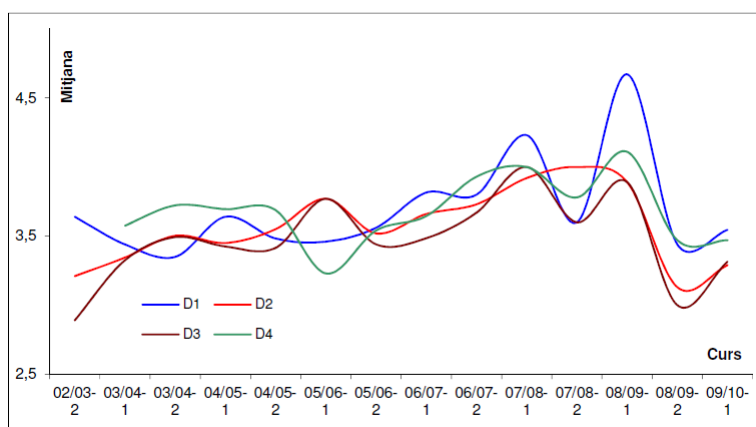


Fig. 115. Evolució de les qüestions relacionades amb la interacció amb el grup (D, Taula 52).

El mateix podem afirmar de les qüestions relacionades amb l'àmbit de l'actitud personal de professor i estudiants (Fig. 116). Per exemple, la qüestió E1: "El professor s'ha mostrat accessible en el tracte individual amb els estudiants" està en la línia de l'esforç que fem per estar disponibles fora de l'horari en els espais de tutoria per individualitzar l'aprenentatge. Saben perfectament que poden comptar amb el nostre compromís d'ajudar-los a assolir la matèria si tenen dificultats. Així mateix, a la pregunta E5: "He mantingut una actitud responsable i positiva amb els altres membres del grup de treball", tenen clarament la impressió que fan el possible de part seva per mantenir operatiu el grup. Tot i que ja s'ha comentat en aquesta línia que generalment sempre hi ha un parell o tres de grups que s'acaben desintegrant. Per això els comentaris en el sentit que alguns d'ells no recomanarien l'aplicació de l'AC a altres assignatures.

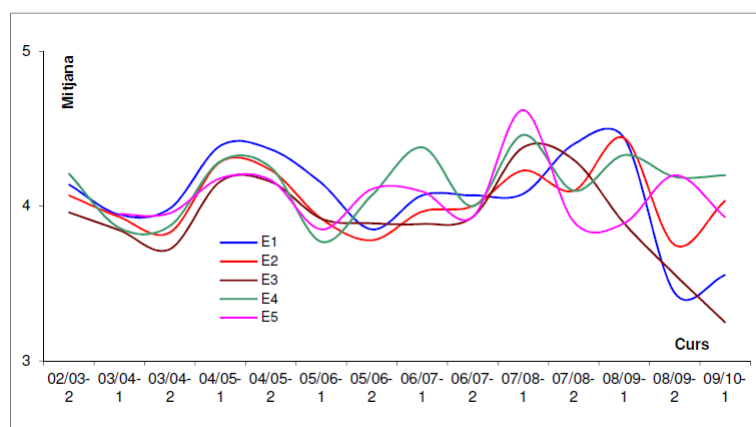


Fig. 116. Evolució de les qüestions relacionades amb l'actitud personal (E, Taula 52).

El contingut del curs i la implicació del professor per donar-lo (Fig. 117), també són valorats positivament pels estudiants. Per exemple la F4: "El professor ha discutit de forma adequada els avenços actuals en la matèria", dóna entenen que són perfectament conscients que pretenem ensenyar-los l'última tecnologia, que l'assignatura està actualitzada. La F3: "El professor ha presentat punts de vista diferents dels seus quan calia", es desploma sensiblement el quadrimestre 08/09-Q2,

potser perquè els vàrem obligar a seguir un pla concret, un guiatge massa rígid sense alternatives de disseny durant massa exercicis.

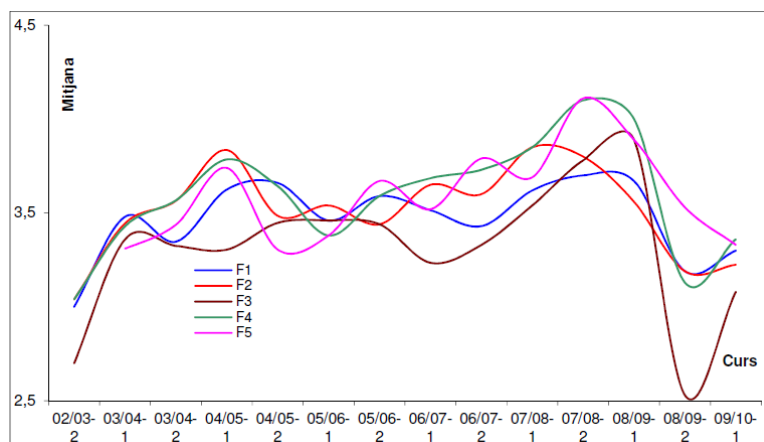


Fig. 117. Gràfica de l'evolució de les qüestions sobre el contingut del curs (F, Taula 52).

Un dels apartats que ens ha funcionat correctament des del començament ha estat l'esquema d'avaluació (Fig. 118). La idea rere l'avaluació continuada de problemes, sense exàmens finals, però amb controls de mínims, els agrada. La pregunta G2: "Els mètodes d'avaluació d'aquest curs són equitatius i adequats" així ho indica, tret potser dels últims quadrimestres, on més d'un repetidor segurament hauria preferit no haver de resoldre tants problemes perquè dominant la matèria creu que hauria aprovat un examen.

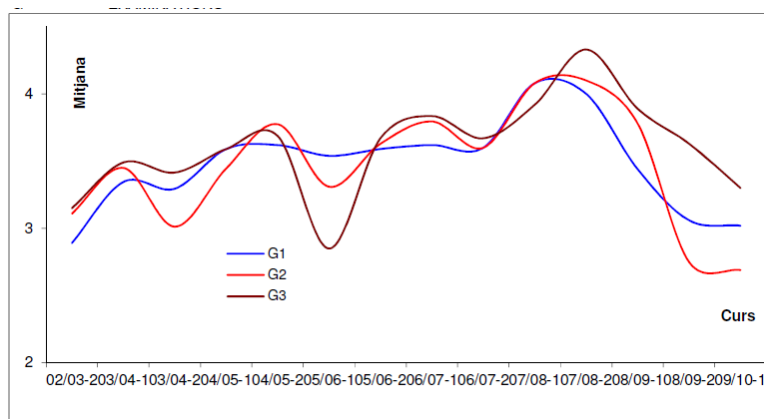


Fig. 118. Evolució de les qüestions sobre l'avaluació (G, Taula 52).

Pel que fa als treballs i activitats que han de dur a terme durant el curs (Fig. 119) ja no hi ha tanta homogeneïtat. Per exemple H2: "La bibliografia, el material addicional, els treballs encarregats, etc., contribueixen a millorar la valoració i la comprensió de la matèria" els sembla satisfactori, però en canvi la qüestió H4: "La carpeta de curs m'ha ajudat a organitzar el meu estudi" ja és més discutible. Vàrem tardar força quadrimestres a fer-los apreciar el sentit que tenia l'edició del portafolis de grup.

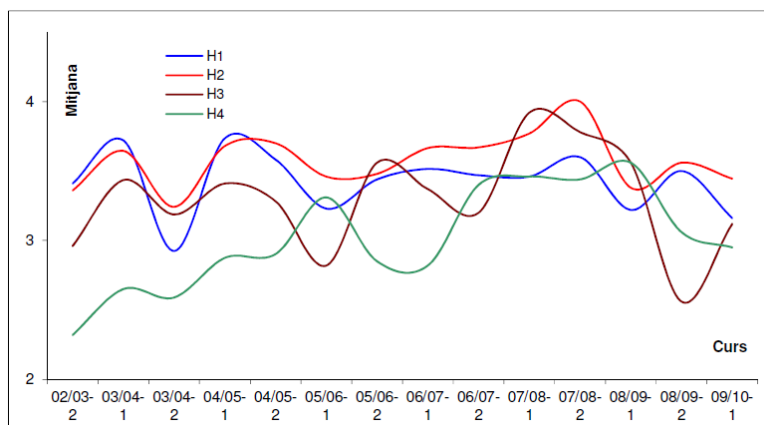


Fig. 119. Evolució de les qüestions sobre els treballs del curs (H, Taula 52).

L'anàlisi de la càrrega de treball sí que és controvertida. Per exemple, a la pregunta I2: "La càrrega de treball d'aquest curs, comparada amb altres" asseguren que realment han fet molta més feina que en altres assignatures del mateix curs, però quan se'ls pregunta sobre el volum total de dedicació a I4: "De mitjana, la càrrega de treball setmanal de l'assignatura incloent les hores de classe i el treball fora de classe" responen que és d'entre 6 i 8 hores setmanals. Un paràmetre perfectament correcte, precisament el programem i és el que esperem d'ells per assolir el curs. I això ens fa qüestionar, necessàriament, el temps d'estudi que dediquen a les altres assignatures en el sentit que potser hi obtenen pitjor rendiment perquè no s'aconsegueix que les estudiïn el temps que hi tenen assignat.

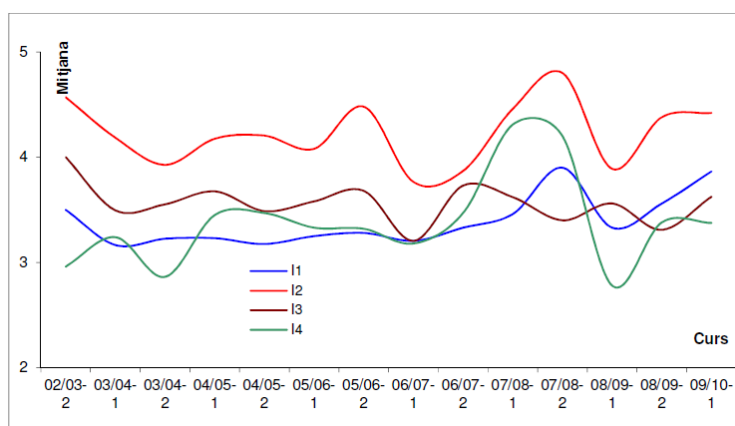


Fig. 120. Evolució de les qüestions sobre la càrrega de treball i dificultat (I, Taula 52).

Els paràmetres sobre la visió general del curs i dels professors (Fig. 121) també ens corroboren les nostres consecucions. D'una banda, ens consideren professors al voltant de la mitjana i el nostre curs tampoc destaca especialment, és a dir, troben matèries més atractives i professors que expliquen força més bé que nosaltres. Però d'altra banda, aconseguim fer-los treballar força més temps en la nostra matèria i per tant ens assurem que aprenen significativament i assoleixen els objectius d'aprenentatge. Uns resultats que una vegada més ens mostren que la docència s'ha desplaçat al 3r nivell, són ells els protagonistes i no pas els professors.

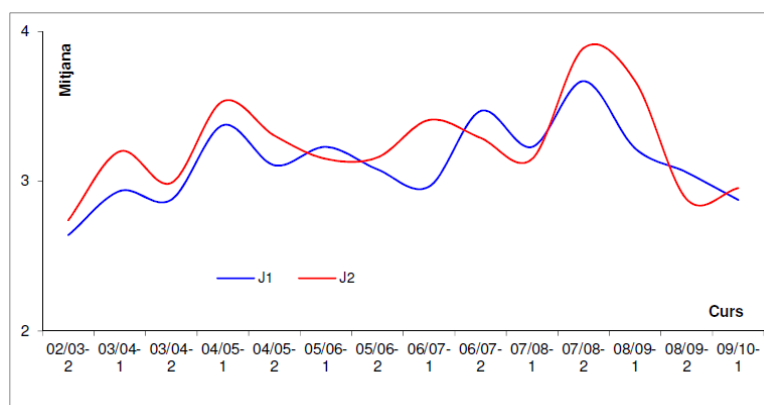


Fig. 121. Evolució del parell de qüestions de visió general (J, Taula 52).

Finalment, dels resultats sobre altres qüestions (Fig. 122), per exemple la K4: "Recomanaria l'aplicació del mètode d'aprenentatge cooperatiu a altres assignatures de la carrera", podem concloure que hi ha molta més variabilitat d'un curs a l'altre. No a tothom plau treballar en grup. Tot i que segons K3: "La qualificació final que esperes obtenir en aquest curs", la majoria espera aprovar sobradament amb nota entre 5 i 7, no es decideixen majoritàriament a recomanar el mètode sistemàtic segurament perquè els aclapara el volum de feina que han de realitzar, una conclusió que es reforça amb els comentaris que ens fan a les qüestions obertes.

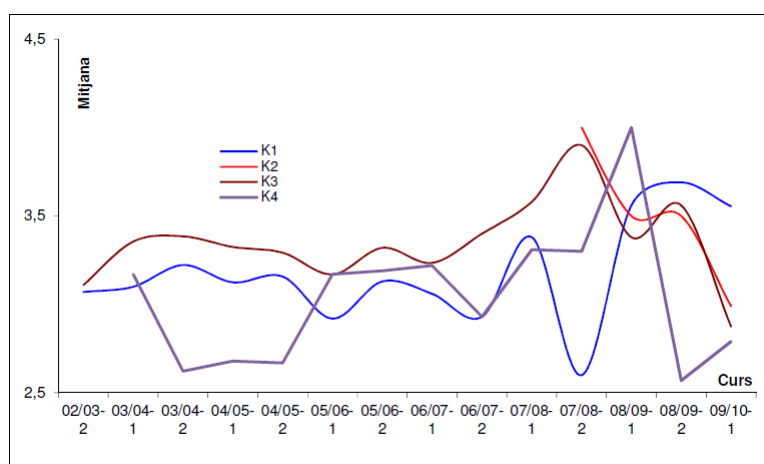


Fig. 122. Evolució de les qüestions sobre altres opinions sobre la matèria (K, Taula 52).

4.4.2.1 Preguntes obertes de l'enquesta

Finalment, es remarquen les aportacions que han fet els estudiants com a respostes a les preguntes obertes del qüestionari. Tot i que a vegades repetides, s'han copiat totes les respostes perquè són prou explícites i així es veu què agrada o amoïna més els nostres estudiants. No cal dir que aquests comentaris oberts també han estat determinants per impulsar el seguit de millores a realitzar en els cursos següents. A tall d'exemple sols reproduïm alguns comentaris, perquè la web de l'assignatura conté arxivada la totalitat d'aquesta informació i hom pot examinar-la si hi té interès.

- “Si us plau, indica quines són les característiques d'aquest professor/curs que t'han ajudat més en el procés d'aprenentatge”

02-03 Q2: La recuperació de mínims; contesta totes les preguntes, soluciona bé els dubtes, explicació individual bona; poder-li anar a preguntar les coses a fora de classe i que atengui bé la gent; és molt dinàmic; és dinàmic; ajuda els estudiants quan tenen dubtes, és comprensiu i intenta en tot moment que quedin les coses clares; és actiu i molt organitzat; la seva disponibilitat i accessibilitat a l'hora de fer qualsevol consulta; el professor és molt atent amb els alumnes a les hores de consulta; m'ha ajudat molt ja que sempre estava disponible quan el necessitàvem; l'únic bo és el grup i el *Floyd* (llibre de la bibliografia); el *Floyd* és un bon llibre; carpeta; les consultes; cap; clar i obert; treball en grup, lliurament d'exercicis.

03-04 Q1: El treball en grup; cooperació; la seva persistència i el seu interès perquè aprenguem; fer els mínims ajuda a seguir l'assignatura amb més facilitat, el treball en grup ajuda a assimilar conceptes de l'assignatura, ja que si tu no entens alguna cosa el teu company t'ajuda; el seu interès i ganes de treballar; treball en grup; el treball en grup i l'autoaprenentatge; el treball en grup i treballs; accessible; disponibilitat que ha tingut per dubtes i qüestions; disponibilitat, ganes d'explicar; el treball en grup; que si tens algun dubte, te'l resol.

03-04 Q2: El professor ha estat atent, el curs dona una visió global i profunda; fer exercicis en grup; està interessat en la matèria; explicacions amb claredat; claredat en les explicacions i interès; li agrada el que fa i intenta comunicar les seves ganes als alumnes a més de la dedicació en la preparació de les classes; els lliuraments d'exercicis; la seva insistència en les coses; l'entusiasme del professor; severitat en les explicacions, tot s'ha de fer de la manera que diu ell; té moltes hores de consulta i això va bé per preguntar-li; sempre està disposat a resoldre dubtes; disponibilitat del professor i interès; el grup de treball i els companys; la quantitat d'exercicis a fer fa que estudiis diàriament.

- “Si us plau, indica quines són les característiques d'aquest professor/curs que s'haurien de millorar de forma prioritària”

02-03 Q2: Els apunts de classe; explicacions en grup dolentes; el seu humor; crec que a vegades explica coses massa avançades; la forma d'avaluació i el desenvolupament d'aquesta assignatura no crec que siguin els millors; classes explicatives, classes de grup, un parell menys de lliuraments; escoltar més els alumnes; una mica més de classes explicatives; les explicacions i considerar altres opinions; totes, passar apunts de copisteria a l'ordinador; escoltar més l'opinió de l'estudiant sobre el tema; apunts, notes de classe.

03-04 Q1: El temps per fer els mínims i no allargar massa la classe; amabilitat; massa treball; la seva exigència i el lliurament de treballs i problemes; flexibilitat a l'hora de comprendre altres algorismes de solució dels problemes plantejats; l'ED requereix moltes hores d'estudi a casa, sobretot per lliurar exercicis; no tanta feina a nivell d'exercicis per fer a casa; s'ha de dedicar massa hores als treballs; no

mesclar matèria de diversos mínims i posar exemples fàcils i clars a l'hora d'explicar; repartir més la càrrega lectiva; posa massa feina per fer en grup i lliurar i no avisa per fer els controls de mínims.

03-04 Q2: Més apunts i més complets; exercicis resolts; més exemples de problemes fets a classe; és impossible suportar més d'una assignatura amb aquest mètode de treball, així que no cremeu el personal; el mètode cooperatiu no em sembla profitós; brevetat en les explicacions de les coses; les explicacions i els apunts de classe; el treball en grup no hauria de ser el format de l'assignatura; més diàleg amb els alumnes, sobretot a l'hora d'entendre els exercicis; hauríem de tenir més temps per fer problemes, menys feina i més ajuda del professorat; aquesta assignatura m'ha saturat molt; crec que les classes de teoria haurien de ser diferents, sense haver de dependre tant d'haver-te de buscar els teus propis recursos o mirar les notes de classe; crec que la càrrega de treball és excessiva, que fer els lliuraments va bé però no podem dedicar totes les hores a ED; que l'última setmana no s'hagués de fer el PA ni els exercicis setmanals; massa feina; massa feina i el professor poc organitzat; donar la teoria el professor i fer-ho més entenedor; no fer tot el curs en grup.

Es vol assenyalar que la nostra intenció ha estat fer cada vegada l'assignatura ED més enriquidora per als estudiants, ajustant la càrrega de treball però sense rebaixar ni el nivell de coneixements tècnics ni l'exigència de qualitat, com correspon a uns estudis universitaris.

Observant les opinions reflectides a la Fig. 123 es comprova que els estudiants asseguren que han tingut una gran dedicació a l'assignatura ED, tot i que no troben la matèria difícil sinó d'un nivell similar a les altres. Reconeixen doncs una vegada i una altra que a l'assignatura cal treballar, però que no és pas la més complicada del quadrimestre, que deuen identificar amb les que tenen exàmens més difícils de superar. L'avantatge evident d'aconseguir que els estudiants dediquin un temps tan significatiu a l'estudi és que en millora el rendiment i augmenta el nombre de bones qualificacions que obtenen. Ja s'ha discutit a la secció dedicada a l'anàlisi del rendiment que en el sistema clàssic, si solament ens fixem en aquest paràmetre i prescindim de la consistència dels coneixements adquirits, la majoria dels que superen el curs ho fa al voltant de l'aprobat i ben pocs assolixen notables o excel·lents. I això, tot i sent un patró repetit a moltes assignatures, tampoc no té gaire sentit. En un grup de 40 estudiants, a partir del coneixement que hem obtingut de treballar cara a cara amb ells amb el mètode que proposem, demostrem que per força hi ha d'haver més estudiants amb bones qualificacions, ja que la motivació i objectius de cadascú són ben diferents.

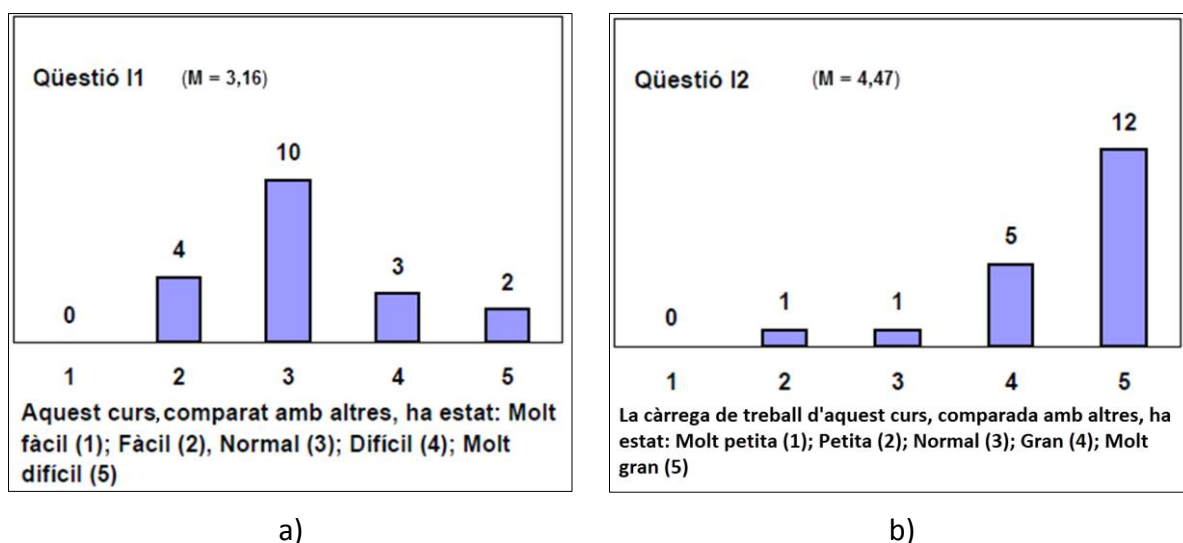


Fig. 123. Opinions dels estudiants del quadrimestre 03-04 Q1 de l'assignatura ED sobre: a) nivell de dificultat de l'assignatura, b) càrrega de treball.

4.4.3 Valoracions d'altres matèries

Tal com defensem en el mètode sistemàtic, no podem deixar de cercar informació sobre què pensen els estudiants de la nostra matèria, que és el que ens fa avançar i ajustar l'assignatura. Per això s'han de fer enquestes regularment a cada matèria que s'imparteix. A més, si participem amb un grup de professors en assignatures de progressió vertical, observarem com els alumnes avancen en el seu discurs i integren cada vegada més competències. En definitiva, valoraran els plantejaments docents de forma diferent a mesura que vagin adquirint experiència en assignatures organitzades diferentment de les tradicionals.

4.4.3.1 Enquestes d'SED

L'assignatura SED s'ha impartit amb la participació de diversos professors, i fins i tot amb grups-classe assignats a diferents departaments, que no van consensuar la forma de desplegar els objectius d'aprenentatge, de manera que es va acabar fent continguts diferents en la mateixa assignatura, una de les solucions provisionals possibles en un pla pilot d'adaptació a l'EEES. En aquest estudi en ocuparem dels resultats obtinguts en el grup-classe assignat al Departament d'Enginyeria electrònica. Pel que fa a l'organització de l'assignatura, tal com s'explica en el capítol 3, s'ha procedit de la mateixa forma que en ED i en CiC. Ara bé, com que un sol grup-classe ha estat impartit sempre per diversos professors, les dificultats associades a la coordinació, han produït uns resultats més discutibles i no ha estat una experiència tan reeixida com en les assignatures en què un professor s'ocupava de totes les sessions del grup-classe. I tot plegat es nota en les enquestes i en la visió que n'han donat els estudiants. L'evolució de totes les preguntes del qüestionari tipus SEEQ, així

com les respostes a les qüestions obertes es pot consultar a la web⁶², per tant en aquest apartat solament mostrarem algun gràfic remarcable per indicar com es pot analitzar aquesta evolució. Per exemple, a la Fig. 124 es mostren els resultats de les qüestions del grup A relacionades amb l'aprenentatge. Bàsicament, ens subratllen que han après els continguts, tot i que a la Fig. 125 es veu que la seva opinió sobre l'organització del curs és més negativa, per exemple, que la van reflectir els estudiants d'ED (vegeu la Fig. 112). Finalment, pel que fa a la càrrega de treball pensen, com els estudiants d'ED, que l'assignatura els ha representat una càrrega excessiva i ho prova que aquest sigui l'ítem més comentat a les preguntes obertes. Un cop més constatem la dificultat que representa per als estudiants el plantejament d'assignatures que els requereixen continuïtat. A la Taula 58 es mostra el resultat del qüestionari d'incidències crítiques obtingut a la primera edició del curs⁶³. Com hom pot comprovar, s'ha recollit informació molt valuosa per redreçar l'experiència en diversos fronts. Alguns dels comentaris són força negatius, però com a professionals el que no hem de fer és espantar-nos i tornar enrere. És veritat que la primera vegada en què s'impulsa un canvi metodològic hi ha moltes millores a fer, però si els docents disposen d'experiència en innovació docent, cal assumir que la poca predisposició al canvi [163] pot interpretar-se en la línia que estudiants habituats a classes convencionals no tenen encara prou criteri i formació per avaluar correctament professors que els proposen docència alternativa que els demanin aprenentatge significatiu, qualitat en la resolució d'activitats i constància tot el curs. Com exemple del diàleg que s'estableix a l'aula, a la Taula 59 es mostren també els comentaris realitzats pel professor en retornar els resultats de l'enquesta QUIC als estudiants. Durant el curs som a temps de reconèixer errors i redreçar els problemes proposats i la càrrega de treball que comporta dur-los a terme.

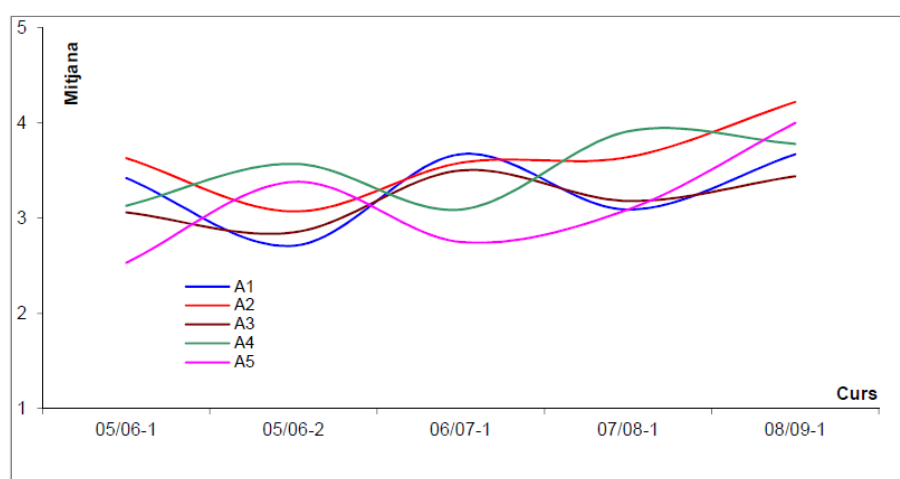


Fig. 124. Evolució de les qüestions relacionades amb l'aprenentatge dels cursos en què s'ha impartit SED (A, Taula 52).

⁶² <http://digsys.upc.es/sed//SED/enquestes/feedbackSED.html>

⁶³ http://digsys.upc.es/sed//SED/enquestes/05-06_Q1/Resultat_QUIC_05-12-20.pdf

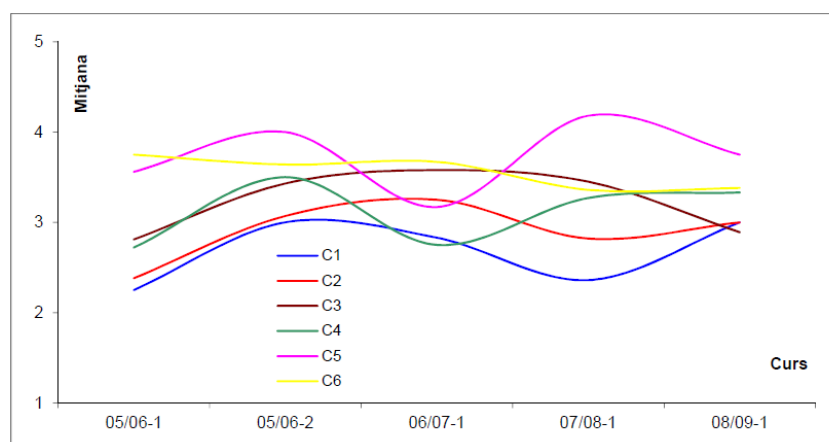


Fig. 125. Evolució de les qüestions sobre l'organització del curs (C, Taula 52).

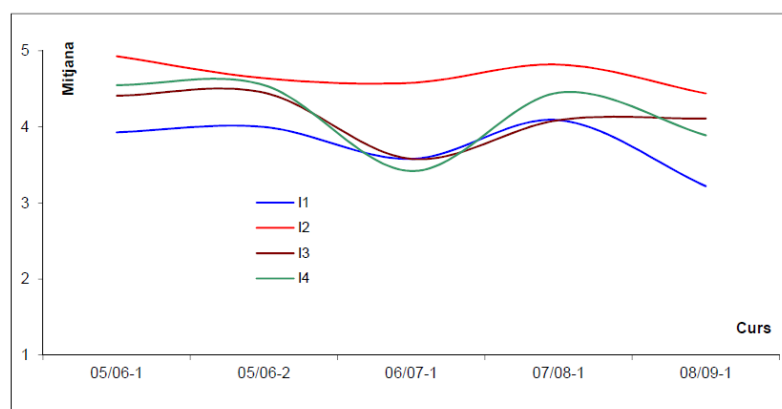


Fig. 126. Evolució de les qüestions sobre la càrrega de treball (I, Taula 52).

Sistemes Electrònics Digitals			
GRUP 2AT4		CURS 05-06 Q1	
Resultats del Qüestionari d'Incidències Crítiques (QUIC) - 20 de desembre de 2005			
Es tractava d'escriure breument un parell d'aspectes positius i negatius sobre l'assignatura. S'han recollit 28 fulls amb aportacions.			
N	POSITIVES	NEGATIVES	N
7	El temari de l'assignatura és molt interessant i positiu	Excés de temps setmanal de dedicació per una assignatura de 6 crèdits	6
1	He obtingut molts coneixements nous sobre programació de xips	Hi ha predisposició per part del professor a pensar per defecte que tothom està copiant	1
1	Els programes utilitzats són interessants i bastant útils	Hem tocat massa temes. Preferiria fer menys temari i aprofundir un cas al màxim	2
1	La idea de les pràctiques és bona, encara que falta temps	No sabem la puntuació de l'assignatura	1
3	Treball en grup	No hi ha suficients explicacions (i codis) dels programes per a desenvolupar les pràctiques	4
1	Crec que el temari de l'assignatura és més interessant que el que es fa al matí	Els professors han de saber més sobre l'assignatura	2

1	L'avaluació per mínims	Considero que estem de prova en aquesta assignatura	1
2	<i>Software</i> i <i>hardware</i> molt adequat	El treball setmanal és elevat, ja que estem matriculats a més assignatures	3
1	Els mínims tot i ser molts i no fàcils, sempre són millors que els exàmens parcials on s'acumulen molta càrrega i major dificultat	Els professors no estan al nivell de l'assignatura, carreguen tota l'assignatura sobre l'alumne, sense donar explicació de programes, teoria o exercicis	3
1	Diversitat del temari. És molt ampli i tractem una mica de cada tema	A l'hora de corregir es fixen en massa <i>pijerías</i> per valorar les entregues	1
3	Temari interessant, pràctic	L'organització de l'assignatura és dolenta, ja que cada professor ens diu de fer les coses d'una manera diferent	1
2	Poder recuperar els mínims	A les classes de teoria no se'ns deixa temps per desenvolupar l'exercici i preguntar dubtes, ja que es fa una petita explicació i quasi totes les setmanes, mínims	2
1	Fer millorar les entregues	El nivell dels mínims són molt extrems, crec que no han estat organitzats	1
1	Ràpid aprenentatge	Correcció de les pràctiques. Es corregeix l'ortografia però no es diu què està malament del temari en si	1
1	Temari ampli, coneixement de molts temes diferents generals però no específics	Mala organització entre els professors	2
1	Es veuen diferents llenguatges i conceptes diversos que milloren el currículum	Jo no vull saber què faré quan acabi la carrera, vull que m'ensenyin la teoria per poder fer les pràctiques, no que em diguin que compri llibres, ni que consulti a Internet com van els codis i els programes, etc.	1
1	Exercicis que contribueixen a un aprenentatge ràpid	No som conillots d'índies, no paguem per a això. Si és així, haver avisat abans i em matriculo el quadrimestre que ve	1
1	Aprens a aprendre per tu mateix	Criteris de correcció: per ser una carrera universitària no entenc la correcció de l'ortografia, etc.	1
1	Els conceptes estan organitzats de manera que faciliten el seu aprenentatge, ja que comencen per alguna cosa bàsica i augmenten progressivament	Les explicacions a les classes de teoria, pràctiques	1
1	Considero que és una assignatura molt interessant i que si arribéssim a aprendre tots els coneixements que en teoria imparteixen serien uns coneixements molt útils	Mínims mal organitzats amb treball addicional a casa	1
1	El professor titular es nota que té molts coneixements encara que no els vulgui comunicar	Molt de material a lliurar en terminis de temps curts	5
1	L'horari de consultes és molt profitós i tenim molts dies per utilitzar-lo	La feina no fa referència amb les hores d'aplicació de l'assignatura. Si no hi ha explicació, ens hem de buscar la vida, per tant necessitem més temps	2
1	Avaluació de l'assignatura correcta, és fàcil aprovar-la	Les correccions. Es puntuen negativament moltes <i>tonteries</i> . Si no s'entrega a temps, un dia tard ja és un 5!	1

1	Tracte rebut a les consultes	Molts tipus de codificacions en poc temps i molts programes diferents. No podem dominar tots els codis, programes...	1
1	Forma d'avaluar l'assignatura mitjançant mínims i treball en grup	Les correccions són estranyes, ja que codifiquem bé, fem bé la simulació, i es perden punts a l'hora de redactar, quan el més important creiem que és la codificació, el domini del temari	2
1	El treball dels exercicis és molt enriquidor a l'hora d'aprendre	No explicació dels errors en les pràctiques / exàmens	3
1	Treballar en diferents entorns, de programació, de dispositius, etc.	Massa càrrega de treball, independentment d'aquesta assignatura i del treball que comporta fora de classe, la gent té altres assignatures (si multipliquéssim el temps dedicat a SED pel nombre d'assignatures totals, no tindríem temps suficient al dia...)	4
1	El treball cooperatiu funciona i és necessari per seguir l'assignatura	Les classes de laboratori no s'aprofiten gaire, són unes classes <i>light</i> de teoria	1
1	He après molt, però a canvi de perdre moltíssimes hores	El treball en grup, depèn de com estigui enfocat, pot arribar a no ser efectiu	1
1	S'aprèn a redactar de manera acceptable un treball o memòria	Es vol que l'alumne aprengui pel seu compte una sèrie de coneixements que són bastant incorrelats, és a dir, es vol abastar massa coses. I l'alumne no té temps de realitzar els exercicis i aprendre els coneixements necessaris, a no ser que es dediqui exclusivament a l'assignatura	2
1	Millora la capacitat de tenir recursos autosuficients per buscar informació	Massa càrrega de treball per la teoria que rebem a les classes	2
1	Temari de l'assignatura de gran interès personal	Massa feina cada setmana. No hi ha temps de fer treballs amb qualitat	1
2	L'assignatura m'agrada, el temari és molt interessant	No es valora suficientment l'esforç realitzat pels estudiants, els quals no sabem les pautes de correcció en detall, ni exactament els criteris d'avaluació, i això crea desinformació i frustració	1
1	Nocions de llenguatge ensamblador	Si s'expliqués una mica més la matèria s'aprendria moltíssim més	1
		Massa poca explicació teòrica a les classes, que en conseqüència ens fa perdre un temps molt valuós cercant petites coses o detalls en els que no és gens fàcil caure per portar a terme el treball	1
		Molta importància a les consultes i els horaris molt sovint no permeten d'anar-hi. La informació que es dona a les consultes es podria donar a classe i per a tots	1
		Escassetat total i absoluta d'explicacions tècniques, terminis de lliurament extremadament curts, total manca de temps per assimilar el temari	1
		Sobrecàrrega contínua de tensió. No se'ns ha escoltat fins a arribar a un punt crític	1
		La pega que trobo és que costa agafar el fil i estar al dia, ja que hi ha coses que són bastant difícils per no tenir cap nivell de tema previ.	1
		L'enfocament de la matèria, de manera que se'ns fa instal·lar uns programes que hem de dominar (s'explica la instal·lació però no el funcionament)	1

		Exercicis poc explicats i no s'acaba d'entendre mai bé què has de fer, has de començar des de zero i es perd molt de temps	2
		Es valoren massa les formes, s'hauria de valorar més el contingut	1
		Organització dolenta del curs (teoria i pràctica), així com la manca de recursos per realitzar l'assignatura (ordinadors que funcionin bé, etc.)	1
		Massa càrrega de treball extra per fer a casa pel tipus d'assignatura que és. Poc temps d'assimilació dels conceptes i mal apresos	1
		Feina mal distribuïda. Mala planificació perquè per anar al dia fa falta dedicar-hi més del doble del temps establert. No s'explica quasi res a les pràctiques i un s'ha de dedicar molt de temps a consultes on els horaris no són adequats als estudiants	1

Taula 58. Qüestionari d'incidències crítiques (QUIC) obtingut en acabar la primera edició del curs de SED adaptat (classe 2AT4, curs 05-06 Q1).

Comentaris dels professors en atenció al QUIC

Està clar que plantejar una assignatura amb un temari com aquest, eminentment pràctic, amb problemes i exercicis sobre circuits i sistemes tan reals com sigui possible amb les eines de disseny i la documentació que usen actualment els enginyers, és una tasca difícil que no es resol en un quadrimestre. A part de voler implementar, aprofitant la conjuntura del canvi, un conjunt de tècniques d'estudi recomanades en el pla pilot de l'EEES en el que estem immersos.

Així que a grans trets ens ha passat que ens hem dedicat molt a anar preparant el material d'estudi i a corregir els vostres treballs per poder-vos donar *feedback* ràpidament, i no ens hem adonat que us hem posat, tal com constata aquesta enquesta i les entrevistes durant la sessió de classe del dia 20 de desembre, més feina del compte. Els exercicis han requerit més temps de l'estimat prèviament per nosaltres per resoldre'ls i aprendre'ls bé. Es podria dir que a mig desembre ja havíeu esgotat el temps d'estudi previst per a l'assignatura completa. Està clar també que hauríem d'haver passat aquest qüestionari molt abans per detectar i corregir els problemes que expliqueu.

L'avantatge serà per als estudiants del proper curs, que en haver assajat ja nosaltres l'assignatura, en sortiran beneficiats perquè podrem acotar amb més facilitat el temps de realització dels projectes sense la urgència de preparar el temari des de zero. D'altra banda, es resoldrà tota la problemàtica associada a la descoordinació i a la mecànica del dia a dia, i de retruc també es podrà posar més atenció a explicar amb més detall les línies generals dels exercicis durant les sessions presencials i així fer més efectives les hores d'estudi. De ben segur que els vostres exercicis penjats a Internet ens seran de molta ajuda, i us hem d'agrair l'esforç que heu fet aquest any.

Pel que fa a vosaltres, el més problemàtic és el PA. Com que encara estem treballant el problema del termòmetre digital que bàsicament també és un PA, hem decidit deixar-lo córrer (vegeu més detalls al tauló d'anuncis). Ja plantejarem el PA el proper quadrimestre donant-hi més temps d'execució. Així, al gener podreu acabar de donar el tomb al curs preparant amb calma la carpeta i seleccionant els materials que hi voleu incloure, que de ben segur serà una bona evidència del treball i les reflexions que heu fet.

Molt agraïts per les vostres aportacions, que ens seran de gran ajuda per millorar aquesta innovació realitzada en el temari i en els mètodes docents de SED.

Taula 59. Comentaris dels professors als alumnes atenent els resultats del QUIC.

4.4.3.2 Enquestes de CiC

En aquesta assignatura es va posar en marxa una prova pilot que funcionava en paral·lel amb la impartició de l'assignatura de forma convencional. Una prova pilot de sols un parell de quadrimestres ja permet valorar la millora de la percepció dels estudiants cap al nou mètode que se'ls proposa. Les enquestes també estan publicades a la web⁶⁴, així que en aquest paràgraf simplement discutirem els resultats d'un parell. Per exemple les que fan referència a l'entusiasme mostrades a la Fig. 127. Entenen perfectament que el professor no explica tot el temari de forma convencional, de manera que les qüestions B3 i B4 no es puntuen tant com les altres (B1 i B2) en què el professor actua i els ajuda a aprendre, però no necessàriament davant de la pissarra. Pel que fa a la seva implicació en el seguiment del curs (B5), s'observa que ha estat força alta, una dada que està relacionada amb el rendiment.

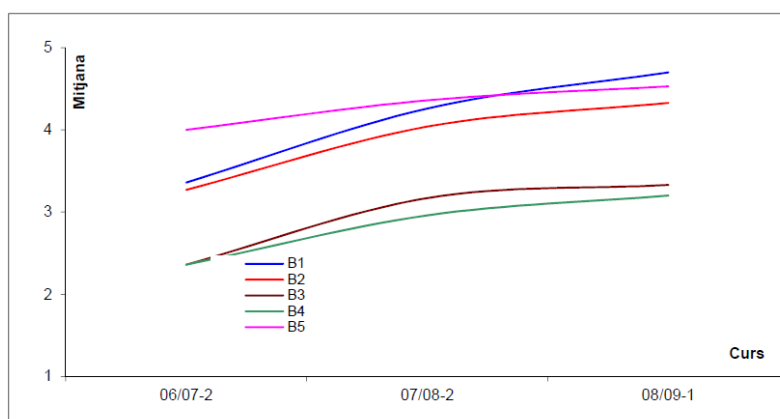


Fig. 127. Evolució de les qüestions sobre l'entusiasme (B, Taula 52).

A la Fig. 128 es mostra que la impartició de l'assignatura ha aconseguit augmentar l'interès per la matèria ($K2 > K1$), els estudiants manifesten que esperen assolir un aprovat, és a dir, veuen clar que si han treballat fins al final aprovaran. I pel que fa a la pregunta clau, la K4, on se'ls convida a recomanar l'aplicació del mètode de l'AC a altres assignatures de la carrera, també ha estat valorada positivament en els tres quadrimestres.

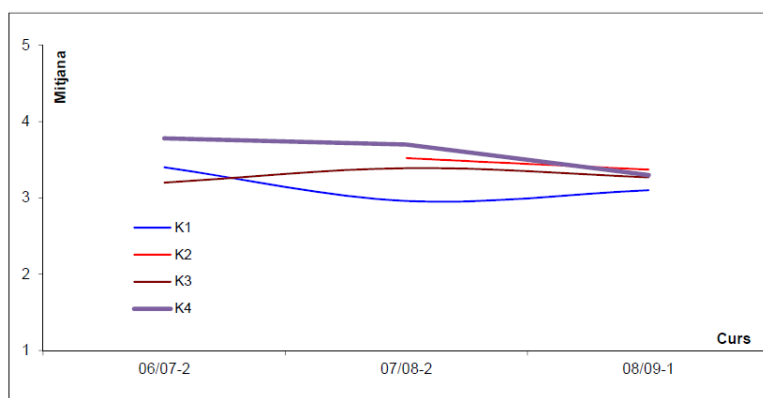


Fig. 128. Evolució de les qüestions d'altres opinions sobre la matèria i el curs (K, Taula 52).

⁶⁴ http://digsys.upc.es/sed//CIC/CiC_1AM2/Agenda/agenda.htm

Un departament té la possibilitat de promoure o no que els seus professors impulsin innovacions docents. Ara bé, el context actual obliga que, si no tots, sí que ho ha de fer un bon percentatge. Així mateix, ha d'analitzar els resultats obtinguts a través d'aquestes experiències pilot [164] i, des del meu punt de vista, si es conclou que certament s'han produït resultats avantatjosos per als estudiants, ha de permetre la continuació de tals experiències sempre que sigui viable, a més d'incentivar la discussió entre els seus docents.

4.4.3.3 Enquestes de CSD

Pel que fa a CSD, que s'imparteix actualment en els estudis de grau, a partir de l'experiència se segueix la mateixa línia i, en tot cas, es realitzen millores puntuals atenent al nou format i a les eines introduïdes des d'un començament en aquesta assignatura. La reflexió recollida amb les enquestes, que es poden llegir a la web⁶⁵, es complementa amb la subministrada pels portafolis electrònics, els exercicis i algun qüestionari d'incidències crítiques que s'ha passat de tant en tant durant el curs. L'assignatura ha estat acceptada i es consolida perquè els estudiants consideren que aprenen força bé els continguts i les competències associades (fixem-nos a la Fig. 129 amb els resultats A sobre l'aprenentatge amb mitjanes al voltant del 3,6).

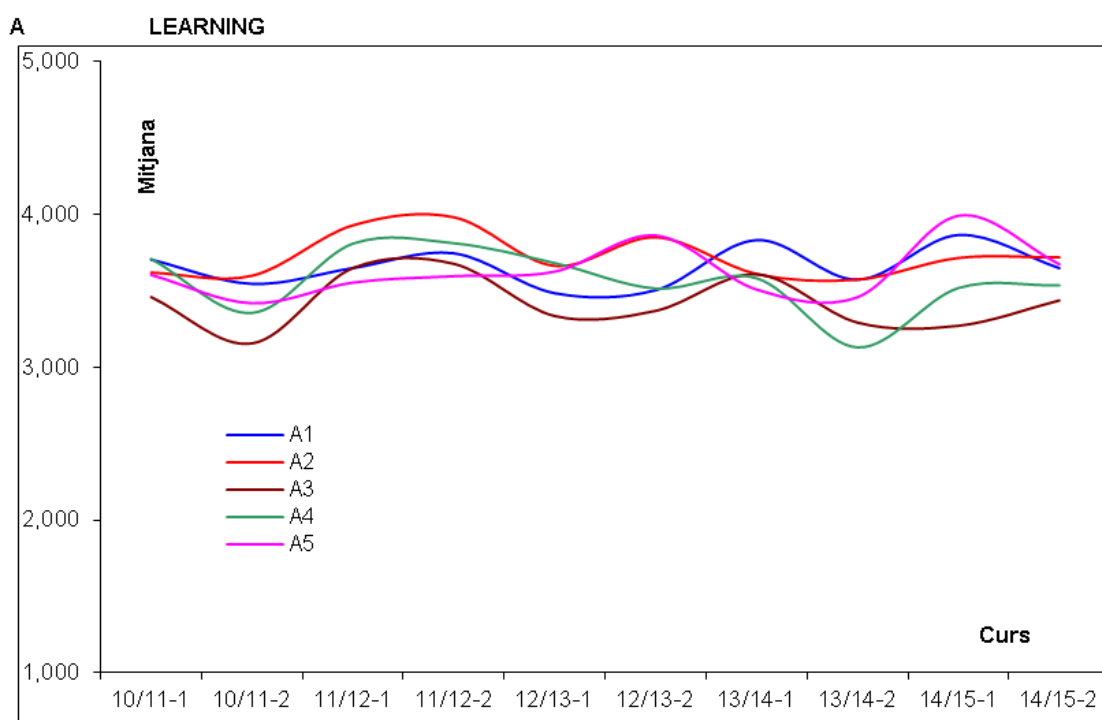


Fig. 129. Evolució de les qüestions sobre l'aprenentatge a CSD (A, Taula 52).

A la Fig. 130, tot i que sempre pel damunt del 3, es manté la diferència de valoració pel que fa al paper dels professors quan són a la pissarra explicant la matèria (B3 i B4) respecte l'entusiasme que mostren per la matèria i en la dinàmica de l'organització del treball en grup a l'aula (B1 i B2). Pel que fa a la pregunta B5, ens indiquen

⁶⁵ http://digsys.upc.es/ed/CSD/feedback/Evolucio_enquestes_CSD.pdf

clarament que atenen a les classes de forma regular i que participen activament en les sessions de grup. Certament el nombre d'estudiants que abandonen és baix.

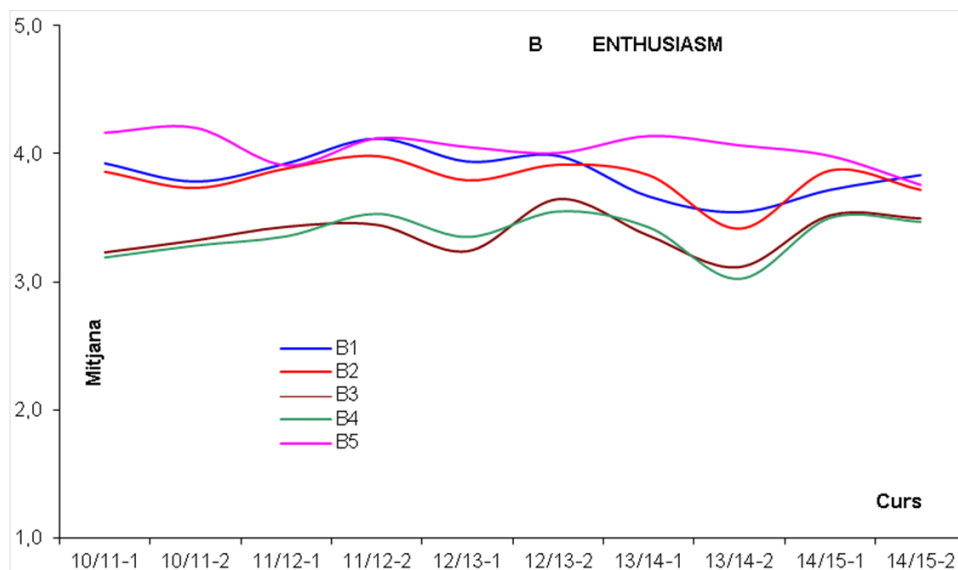


Fig. 130. Evolució de les qüestions relacionades amb l'entusiasme i didàctica dels professors i participació dels estudiants (B, Taula 52).

A la Fig. 131 es mostren els resultats de les qüestions referides a la dificultat de CSD en relació a altres assignatures del mateix curs i sobretot a la càrrega de treball que els representa. A la pregunta I4 ens asseguren clarament que han treballat el que ens havíem proposat, és a dir, entre 7 i 9 hores setmanals corresponents als ECTS assignats a la matèria. Al mateix temps, amb la pregunta I2 ens indiquen que la càrrega de treball de CSD és clarament superior a la de les altres matèries del mateix curs. Potser doncs podríem inferir que a les altres matèries no s'aconsegueix, com s'ha mostrat a la secció 4.1, que els alumnes hi inverteixin el temps d'estudi necessari, cosa que es tradueix en un rendiment inferior.

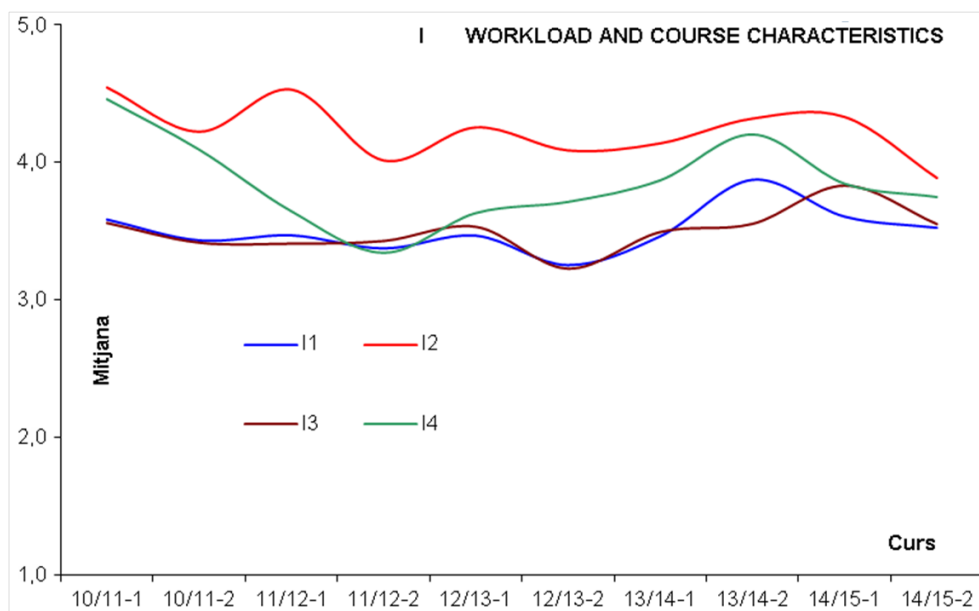


Fig. 131. Evolució de les qüestions relacionades amb la càrrega de treball (I, Taula 52).

Aquestes enquestes de fi de curs es poden complementar amb els qüestionaris d'incidències crítiques, especialment útils quan es detecten problemes. Per exemple, durant el 11-12 Q2 es va detectar que en general els estudiants no presentaven els treballs a temps, tenien una dedicació baixa, s'intuïen problemes en el funcionament de diversos grups, no feien gaires preguntes i es veia clarament que no se'n sortien a l'hora de seguir el curs. Conseqüentment, al mateix temps en què el professor els interpel·lava sobre què estava passant, durant la setmana 7, abans dels exàmens de recuperació de coneixements bàsics, van emplenar un QUIC⁶⁶ per tal de determinar què era el que més els costava, perquè encara érem a temps de posar-hi remei. A l'endemà, en fer-los accessibles els resultats del qüestionari, els vàrem assenyalar amb una entrada a l'agenda (Taula 60) què havien de fer per millorar i corregir la situació⁶⁷, ja que crèiem que encara hi eren a temps.

• A mid-term questionnaire on the most positive and the most negative aspects of the course to the date May 8.

- Answers from [Class 3GM1](#)
- Answers from [Class 3GT4](#)

■ Thank you very much for your participation. We have discussed in class the more critical issues that you wrote down. And we see that one of the problems more commented by many students, is the study time or the work load that you have to devote to the subject. We try to keep the subject workload under the 6 ECTS that you have matriculated, which means about 10 hours per week of study time. Please, use the study-time graph in your ePortfolio to track the time you are investing on the subject week by week.

Furthermore, by now you have realised that the **subject's key point** is to ask as many questions as possible to either of your instructors or other mates in class who may know the answers. You can find us in class or elsewhere. Remember that we have up to 6 hours a week of office time to assist you as much as possible, so, please take a proactive roll and participate.

Taula 60. Comentaris dels professors per als estudiants en processar les respostes d'un QUIC a l'assignatura CSD.

És clar que si un nombre important d'alumnes abandona a mig curs, tot i la insistència a tractar de convèncer-los que canviïn d'actitud, les enquestes finals i les reflexions apuntades en els últims exercicis o portafolis sols reflectiran les impressions dels que han arribat al final. Per això ens convé establir el seguiment des del principi, per poder detectar a temps els estudiants disposats a deixar-ho córrer amb les primeres dificultats. Aquest seguiment del dia a dia, que realitzem també per escrit amb les anotacions a l'agenda de la web, ens obliga freqüentment a realitzar petits canvis o millores en les activitats o revisions en les dades de presentació dels treballs perquè n'arribin com més millor a final de curs (evidentment, dintre dels límits imposats per l'assoliment dels objectius). El treball per problemes té un dels seus majors avantatges en permetre'ns ajustos sobre la marxa. Sempre que sigui possible, volem mantenir una producció elevada i de qualitat a la nostra *empresa*, per això el professor esmerça esforços variables segons la predisposició dels estudiants i, en definitiva, cada curs requereix una càrrega de treball diferent per a tots, tal com explicarem a la secció 4.6.

⁶⁶ http://digsys.upc.es/ed//CSD/feedback/2012_05_08_CSD_3GM1_Resultat_QUIC.docx;
http://digsys.upc.es/ed//CSD/feedback/2012_05_08_CSD_3GT4_Resultat_QUIC.docx

⁶⁷ <http://digsys.upc.es/ed//CSD/feedback/CSDfdbk.html#1112q2>

Valoracions dels professors sobre la metodologia

Comentarem breument opinions dels docents que han intervingut en aquestes assignatures. Pel que fa a la prova pilot de CiC conduïda per l'autor, finalment no es va implementar a la resta de grups, argumentant que en extingir-se el pla d'estudis ja no era raonable, tot i que se'n va fer la presentació als professors de la secció departamental [164]. Per tant, en tot cas, els hem d'agrair que ens hagin deixat dur a terme aquesta prova pilot amb estudiants del quadrimestre 1A, cosa que ens apermès assegurar en aquesta tesi que el mètode d'instrucció proposat és vàlid fins i tot per a estudiants que comencen els estudis universitaris.

Els professors que han compartit experiències a les assignatures d'ED, CSD i SED, han mostrat interès per l'experiència, han observat que realment, un cop està feta l'adaptació per part del coordinador, en resulta una metodologia validada, amb materials preparats, que també és possible impartir amb un esforç similar al esmerçat en un curs tradicional. Estan d'acord en què entre preparar problemes i subministrar *feedback* s'ocupen gran part de les hores d'atenció. No han tingut especials dificultats a gestionar els seus grups-classe, tot i que com és previsible, el primer quadrimestre els ha portat força feina per acomodar-se al disseny instruccional proposat amb el conjunt de noves eines i procediments. La clau per aclarir dubtes i sincronitzar els diversos grups-classe durant tot el semestre és la coordinació. I el professor coordinador ha d'estar disposat a realitzar aquesta tasca cada vegada que s'incorpora un professor nou.

4.4.4 El cicle de millora continuada a partir de dades recollides

A la secció anterior hem vist que durant el curs convé recollir informació sobre com va la docència, especialment si es detecten problemes greus que podrien comportar un abandonament majoritari. Hem mostrat a la Taula 59 l'exemple d'informe realitzat per a l'assignatura SED atenent als resultats d'un QUIC on es detectava massa càrrega de treball. Similarment, la Taula 60 reproduïx l'anotació a l'agenda de CSD en relació a un altre QUIC passat quan encara hi havia temps perquè els estudiants reflexionessin i canviessin certes actituds.

Així doncs, a més de monitoritzar el procés d'aprenentatge dels estudiants durant el curs per redreçar situacions complicades, l'última fase del mètode sistemàtic que proposem significa que els professors han de reflexionar durant els períodes interquadrimestrals sobre com ha anat el curs a partir de la informació recollida a través dels diversos mitjans dels quals hem donat explicacions detallades i l'enquesta final de tipus SEEQ. El cicle de millora continuada a partir d'aquesta enquesta consisteix en els passos següents [166]:

1. Administra el SEEQ als teus estudiants al final del quadrimestre.
2. És convenient valorar els ítems des del punt de vista del professor, és a dir, tu mateix com a professor pots administrar-te l'enquesta abans de veure què diuen els estudiants. Moltes vegades el que responen els estudiants a determinades qüestions és previsible perquè ja s'ha intuït durant el curs.

3. Fes una anàlisi estadística dels resultats, per exemple usant el full de càlcul preparat amb aquest fi. Cal fixar-se en el que ha donat puntuacions més baixes.
4. Reflexiona sobre les respostes a les preguntes obertes.
5. Realitza un informe de millora acompanyat d'un pla d'actuació per al proper quadrimestre (vegeu l'exemple d'informe d'avaluació continuada de la secció 2.5.2). Generalment, a partir del tercer o quart quadrimestre en què es repeteix l'assignatura només cal fer petits ajustos, com la durada d'algun exercici o potser replantejar algun aspecte de l'avaluació. En canvi, a vegades cal modificar paràmetres generals que cal escriure a la guia docent.
6. Cal dur a terme les propostes de millora al següent quadrimestre, així com explicar als estudiants que algunes de les tasques a realitzar són conseqüència de les valoracions realitzades pels estudiants d'anys precedents recollides en enquestes. D'aquesta forma es motiven per respondre amb seriositat quan els toqui a ells.
7. Durant el proper curs potser convindrà subministrar algun qüestionari puntual, com el d'incidències crítiques del qual ja s'ha parlat. I per tancar el cicle, després de passar-los el SEEQ, cal comprovar si hi ha hagut alguna millora dels ítems que s'havien modificat, i identificar possibles nous punts febles per tornar a començar.

Un exemple de punts a discutir per a l'assignatura ED, observats a partir del funcionament del curs i dels resultats de les enquestes 04-05 Q1 [162], a partir dels quals es pot elaborar un informe de millora i un pla d'actuació seria:

- Més mapes conceptuals per a les unitats didàctiques i adequació dels objectius de cada unitat.
- Més mapes conceptuals traduïts a l'anglès.
- Adopció d'un llibre de la bibliografia en anglès o anàlisi de webs temàtiques amb continguts adequats al nivell de l'assignatura.
- Adopció i aplicació sistemàtica del programari Proteus de simulació a les unitats didàctiques.
- Preparació d'activitats (algun problema o el projecte d'aplicació) conjuntes amb l'assignatura LP.
- Inclusió d'eines de xat a la web d'ED per assistència síncrona en horari de consultes.
- Més treballs realitzats pels estudiants penjats a la web.

Durant l'execució del pla pilot d'adaptació a l'EEES [165] es van mantenir discussions entre els professors implicats sobre qüestions específiques que anaven apareixent com a resultat de l'aplicació de les noves metodologies docents:

1. Augment de la càrrega del professor per l'augment dels mecanismes de seguiment i control de les activitats de l'alumne.

2. Reducció del temps “útil” en hores de classe pel fet de dedicar-lo a activitats de correcció/revisió. Comporten els nous mètodes docents una reducció de temari?
3. Relació entre nivell d'exigència i utilització de noves metodologies docents i d'avaluació. Comporten els nous mètodes una baixada del nivell d'exigència?
4. Rellevància o interès de la introducció del portafolis de l'estudiant en totes o sols en algunes matèries com a eina d'ajuda a l'organització del pla de treball i l'estudi.
5. Problemàtica en les assignatures d'1A en la utilització del campus digital com a eina de suport al pla de treball i planificació de l'assignatura (desconeixement de la seva utilització).
6. Rellevància de la còpia d'exercicis de quadrimestres anteriors en una avaluació basada principalment en el lliurament d'exercicis i informes.
7. I els temes relacionats amb el treball en grup:
 - Dificultat d'avaluació del treball en grup. Distinció i greuges entre alumnes. Paper del professor en aquesta distinció.
 - Efecte en el rendiment d'un estudiant per la pertinença a un grup cooperatiu o altre.
 - Incidència dels abandonaments en l'organització dels grups.
 - Flexibilitat/rigidesa en l'organització de tasques concretes per a grups fora de l'horari lectiu (agenda i problemes d'horaris entre els membres dels grups).

Conclusions

Les opinions dels estudiants obtingudes mitjançant enquestes ens permeten replantejar molts punts de la planificació docent, des dels objectius d'aprenentatge fins a la preparació o complexitat dels problemes. Les enquestes complementen la reflexió final sobre la matèria que hem anat copsant amb l'elaboració dels portafolis d'aprenentatge. L'evolució experimentada per l'assignatura ED i les altres amb les quals s'ha treballat aplicant sistemàticament aquestes eines, així ens ho demostra.

Avui en dia ja ningú posa en dubte la validesa i la utilitat de les enquestes com a eina per ajudar a la millora docent, fins al punt que si eventualment hom participa en un curs en què el professor no passa enquestes, ens queda una sensació de provisionalitat o de què estem assistint a un curs de qualitat dubtosa.

4.5 Aprendre continguts a través de l'anglès

4.5.1 Context, definicions i estratègia

4.5.1.1 Context

La UPC defineix perfectament la importància que adquireix la competència de l'anglès en els estudis universitaris d'enginyeria proposant-la com una de les set competències genèriques que qualsevol dels titulats ha d'adquirir o continuar desenvolupant durant els seus estudis [167]:

“Conèixer una tercera llengua, que serà preferentment l'anglès, amb un nivell adequat de forma oral i per escrit i amb consonància amb les necessitats que tindran les titulades i els titulats en cada ensenyament.”

Entre els quatre supòsits que el document contempla per garantir que s'ha assolit la competència, ens centrarem en els dos que són al nostre abast i als quals podem contribuir significativament:

- 1) Haver obtingut almenys 9 crèdits ECTS corresponents a assignatures impartides en una tercera llengua.
- 2) Elaborar i defensar el treball o projecte de fi de grau en una tercera llengua.

Pel que fa al segon supòsit, si fem participar els estudiants en assignatures impartides en una tercera llengua, l'anglès en aquest cas, els ho posarem més fàcil a l'hora de prendre la decisió d'elaborar i defensar el seu projecte de fi de carrera també en anglès.

Per assolir aquests objectius, tal com passa amb les altres competències genèriques, com que es poden realitzar diverses aproximacions, cada centre docent desenvolupa les seves estratègies. Concretament l'EETAC, que ha previst ampliar fins a nou la llista de competències genèriques que han d'assolir els graduats del centre (Taula 10), manté la llengua anglesa com a tercera competència genèrica (CG3), concretant-ne la definició pel que fa a les enginyeries de telecomunicacions [168]:

“Arribar a un nivell d'anglès acord amb les necessitats de la professió i del mercat laboral. Llegir i comprendre documents, llibres, normatives, manuals, especificacions i catàlegs d'equips en anglès. Escoltar i comprendre conferències i classes impartides en anglès. Comunicar-se adequadament en anglès, tant de manera oral com escrita, i especialment a l'àmbit relacionat amb l'enginyeria TIC. Capacitat de treballar en grups multilingües desenvolupant projectes.”

Ja hem vist al llarg d'aquesta recerca com s'han integrat el treball en grup i la comunicació eficaç. En aquesta secció ens queda abordar el problema de la tercera llengua. La idea que hi ha al darrere és que els estudiants tinguin diverses oportunitats d'anar desenvolupant les habilitats genèriques mentre cursen assignatures específiques. Per a la llengua anglesa en concret, es pretén establir un itinerari vertical d'assignatures que permeti que en cadascun dels quadrimestres hi hagi l'ocasió de practicar-la cada cop a un nivell més avançat.

4.5.1.2 Definicions

Les definicions de CLIL i EMI que proposem a continuació són orientatives de l'enfocament i sovint es troben matisos o orientacions diferents. En aquest treball ens són útils com a punt de referència.

Content and Language Integrated Learning (CLIL) o “aprenentatge integrat de continguts i llengua estrangera” (AICLE); *Learning/Teaching Content through English*, *Content-Based Instruction* (CBI) o “aprenentatge dels continguts mitjançant l'anglès”; *Bilingual Teaching* o “ensenyament bilingüe”; *English as a Medium of Instruction*

(EMI), o també de vegades ICLHE, *Integrating Content and Language in Higher Education*, són tot de termes que s'han vingut usant a la literatura [169] amb el propòsit d'aprendre i practicar (i avaluar) també la llengua estrangera en matèries diferents de la llengua, com ara matemàtiques, ciències socials o dibuix tècnic.

El CLIL implica que contingut i llengua són objectius igualment prioritaris i clarament especificats, i tant s'avaluen el contingut com la llengua anglesa i la metodologia s'adapta per tal de treballar i avaluar ambdós. A més, en resulta una col·laboració total entre especialista de contingut i de llengua. A vegades el CLIL s'associa preferentment a l'enfoc emprat en l'educació primària i secundària, però de cap manera no exclou la Universitat.

L'EMI sovint implica que el contingut que es transmet a través de l'anglès és prioritari. S'espera cert aprenentatge incidental de llengua gràcies a l'exposició, però sense objectius ni criteris especificats. L'aprenentatge de l'anglès no s'avalua i tampoc no s'estableix col·laboració entre l'especialista de contingut i el d'anglès. Hi pot haver adaptació en metodologia però sol ser mínima, la imprescindible per assegurar la comprensió i el seguiment de l'assignatura.

Sembla que últimament el terme paraigües sota el qual s'aixopluguen moltes d'aquestes tècniques és el CLIL, fins i tot la Comissió Europea l'usa per referir-se als seus programes relacionats amb l'aprenentatge de llengües [170] i catalogar-los. Hi ha acord [172] a afirmar que generalment han estat la pràctica i l'experiència en tota mena de situacions i nivells educatius els que han precedit la recerca en aquesta àrea, freqüentment mitjançant projectes d'investigació-acció [169] conduïts pels mateixos docents. Segons els països, a més, les raons socioeconòmiques i polítiques que ha estimulat l'adopció d'una segona llengua com a mitjà d'instrucció són diverses i diferents.

El concepte d'aprenentatge integrat de continguts i llengua estrangera està força desenvolupat pel que fa als estudis de secundària, [169] i [171], i també es comencen a trobar referències a nivell universitari [172], [173], [174], [175] i [176]. La pedagogia en què es basa el desplegament del CLIL és precisament la que s'ha posat en pràctica en aquesta tesi perquè s'ha comprovat que és de gran utilitat per adaptar els estudis a les diverses implicacions metodològiques que es desprenen de Bolonya: el constructivisme, l'aprenentatge actiu, l'aprenentatge per experiència, etc. [174], tal com ja s'ha descrit en els capítols anteriors. S'afirma que l'aprenentatge assolit amb aquestes metodologies actives és significatiu i profund, en contrapartida a l'aprenentatge superficial o memorístic usual en entorns acadèmics tradicionals en els quals solament es considera l'aprenentatge de continguts específics. En realitat es tracta de posar en pràctica una vegada més el *learning by doing*, en aquest cas fent l'anglès. Els estudiants s'activen i es motiven per adquirir els continguts específics fent problemes, projectes o pràctiques tan reals com sigui possible procurant al mateix temps que la llengua vehicular sigui l'anglès. Els estudiants submergits en un entorn EMI desperten el seu interès per aquesta llengua franca a nivell tècnic i científic, per la cultura anglosaxona, moltes vegades visionant pel·lícules en versió original o llegint llibres en anglès encara que sigui per la necessitat peremptòria d'aprovar. Si encara hi havia estudiants de nivell universitari que no havien

interioritzat amb claredat la vital importància del coneixement de l'anglès o que havien pensat a retardar-ne l'aprenentatge un cop superats els estudis, ara ja no poden retardar-ho més en veure's implicats directament en l'aprenentatge d'uns continguts de l'àrea de sistemes digitals que vénen suportats per l'anglès. En oferir-los assignatures impartides en anglès els facilitem el camí cap a la internacionalització dels estudis a través d'un programa Erasmus. A més, una vegada superats els cursos de grau, i quan l'estudiant realitzi les seves pràctiques d'empresa o continuï estudis de màster, ja estarà més habituat a un entorn en què la llengua de treball és l'anglès, per tant haurà guanyat temps, coneixements i experiència (l'última modificació de la normativa d'estudis de grau ja contempla per graduar-se certificar el nivell B2 d'una llengua estrangera⁶⁸).

4.5.1.3 Estratègia

Les experiències de les quals es mostren els resultats s'han dut a terme a les assignatures d'ED, SED i CSD. Precisament, CSD va adoptar aquesta tècnica de l'aprenentatge integrat de continguts i llengua anglesa des del començament.

L'EETAC (vegeu la Taula 61) proposa fins a tres nivells a l'hora d'establir una taxonomia per a aquesta seva tercera competència genèrica (CG3) [168]:

CG3.1:	Llegir i comprendre documents, llibres, normatives, manuals, pàgines web, especificacions i catàlegs d'equips en anglès.
CG3.2:	Seguir les explicacions a l'aula i conferències impartides en anglès. Treballar en un grup desenvolupant projectes en anglès. Redactar treballs i informes en anglès.
CG3.3:	Realitzar presentacions i discussions orals dels treballs i projectes realitzats en anglès. Respondre a les preguntes formulades.

Taula 61. Nivells de desplegament de la competència tercera llengua a l'EETAC.

Així que per a cada assignatura, en funció dels objectius d'aprenentatge, els quals inclouran l'assoliment d'algun d'aquestes tres nivells per part dels estudiants, serà necessari articular una estratègia per passos perquè els docents organitzin les tasques. A la Taula 62, es presenta l'estratègia seguida per introduir aquesta docència en anglès amb sis nivells diferents en funció dels objectius a assolir i de les decisions preses pel docent [177]:

Grau 0	Nivell per defecte d'una assignatura convencional d'aquesta àrea tecnològica: la informació sobre components i dispositius és en anglès en els típics <i>datasheets</i> . D'aquesta forma, encara que el docent no hi posi més atenció, sempre hi ha un cert ús de l'anglès a nivell de lectura i comprensió de manuals per part de l'estudiant.
Grau 1	Es decideix que alguns dels llibres de referència del curs siguin els originals en anglès, de forma que es reforcen la lectura de documents i la preparació de materials teòrics. Usar els llibres originals és possible avui en dia perquè són fàcils d'adquirir a través de llibreries <i>online</i> des de qualsevol lloc. A més, les versions

⁶⁸ <http://www.upc.edu/normatives/butlleti-upc/hemeroteca/2014-2015/butlleti-upc-161/bupc-161-docs/docs-consell-govern/9.25-aprovacio-de-la-modificacio-de-la-normativa-academica-d2019estudis-de-grau>

	internacionals per a estudiants de molts llibres de referència de la nostra àrea són força més econòmics que els traduïts.
Grau 2	Equivalent a la CG3.1. Es decideix redactar els guions de les pràctiques de laboratori i els enunciats dels problemes i exercicis en anglès. Aquest és el primer nivell en què l'estudiant ja no té alternativa, ha de desenvolupar la comprensió de textos específics i el vocabulari original relacionat amb la matèria.
Grau 3	Es decideix preparar notes de classe, transparències i altres materials necessaris per impartir les classes expositives directament en anglès. Aquest és el pas en què l'anglès es converteix en la llengua vehicular de les classes i dels enunciats de les proves d'avaluació. Es poden incloure materials docents audiovisuals com ara <i>web-seminars</i> o vídeos en anglès sobre continguts específics cercats a Internet o bé preparats pels mateixos docents. El compromís del docent amb l'anglès és definitiu i fins i tot les correccions dels treballs seran en anglès. L'estudiant ha de desenvolupar la comprensió oral per seguir el curs, tot i que pot formular les preguntes a l'aula i resoldre els dubtes encara en la seva primera llengua.
Grau 4	Equivalent a la CG3.2. Es decideix comprometre definitivament els estudiants: els materials generats, les solucions dels exercicis, els informes de pràctiques i fins i tot les respostes dels exàmens s'exigeixen en anglès. Així mateix, el compromís del professorat amb la llengua és ja màxim perquè torna els treballs als estudiants amb les correccions i indicacions de millora pel que fa a l'ús del vocabulari, la redacció sintàctica, l'estil, etc.
Grau 5	Equivalent a la CG3.3. Encara queda aquest últim nivell per definir, que representa el compromís per part dels estudiants d'usar l'anglès quan treballen en grup, tant dins com fora de l'aula, i per interpel·lar el docent a classe.

Taula 62. Definició de graus d'assoliment de la competència en anglès.

Pel que fa als professors, és evident que per afrontar els nivells 3 o 4 han d'haver mostrat interès a impulsar i ensenyar als estudiants aquesta competència, que d'altra banda ells mateixos usen freqüentment per desenvolupar i publicar la seva activitat de recerca. Afortunadament la UPC, a través de l'SLT [178] i l'ICE [52] ja posa recursos a l'abast del professorat per a la formació específica en aquesta competència, a més, l'EETAC monitoritza les assignatures que s'atreveixen a dur a terme aquesta iniciativa i gratifica els professors implicats amb un cert nombre de punts en el full d'activitat acadèmica, sempre que l'experiència es faci en el context del desplegament de les competències genèriques explicat anteriorment. És evident que la tria del nivell en què es vol treballar depèn de la formació del professor, i és recomanable que estigui per damunt del nivell triat. Naturalment l'experiència del professor després d'uns quants quadrimestres usant la tercera llengua a l'assignatura facilita molt la feina, i es pot dir que s'acaba treballant amb l'anglès pràcticament amb la mateixa facilitat en què es fa amb la primera llengua.

4.5.2 Primeres experiències a l'assignatura ED

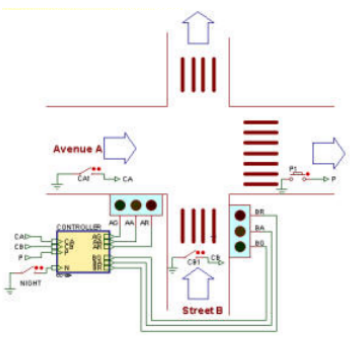
A les assignatures ED i SED es va decidir impulsar la introducció sistemàtica de l'anglès al mateix temps que es feien les experiències de desplegament de l'aprenentatge actiu que han fonamentat aquest treball. Així, a més de treballar cooperativament, d'aprendre a través de problemes i avaluar coneixements amb

portafolis, s'ha aprofitat l'avinentesa de la implantació dels plans pilots d'adaptació a l'EEES per impartir les matèries en anglès.

4.5.2.1 Exemples de materials d'ED i SED usant l'anglès

Abans d'examinar els resultats referenciem alguns exemples de materials preparats en llengua anglesa per l'ED a partir del curs 06-07-QT, en què es va decidir impulsar el canvi. Per exemple l'EX6⁶⁹ sobre el disseny de sistemes de sistemes seqüencials. Tal com mostra la Fig. 132, l'exercici anava acompanyat d'explicacions i diagrames a la web de l'assignatura i a l'agenda per ajudar-los en el plantejament del problema.

● **EX6 Flip-Flops and Finite State Machines (FSM).** We'll propose you a **project** that involves the material distributed through some didactical units:



- Unit 2.3: Flip Flops as the building block for the synchronous state memory
- Unit 2.4: The 555, an analogue timer for producing time delays
- Unit 2.5: The canonical method for designing FSM
- Unit 2.8 and Unit 2.9 Counters for designing frequency dividers and programmable real-time counters
- Unit 2.11 and Unit 2.12 EPROM for "micro-programming" a FSM -> a software FSM
- VHDL and PLD's demonstrative units: Unit 1.14, Unit 1.15, Unit 2.6 and Unit 2.7, to shown you how can really be implemented a prototype in a single chip

22 -11-2006

■ Proteus-VSM starter project for the traffic light controller has been posted in EX6. Try to develop the internal circuits for blocks SC2, 4-bit state memory and SC1. Each group member can try a different approach, for example: a) using D-type FF; b) using JK FF; c) using T-type FF. Furthermore, each group member can try a different method for implementing SC2, for example: a) Karnaugh maps by ones and NAND's; b) Karnaugh maps by zeros and NOR's; and c) Method of decoders using the outputs active low 74LS138.

20 -11-2006

■ EX6 has been updated with more material. Please, print it and take it to today class. We'll try to discuss and develop it.

This week, the canonical method for designing synchronous Moore FSM, will be presented (Unit 2.5). We'll apply it to the example of a multiple point ON/OFF room light control (Exercise 2.2.8), and finally to the crossroad traffic light controller in EX6.

17 -11-2006

■ EX6 has been posted

Fig. 132. Exemple de la pàgina web i agenda del curs 0607-QT en la qual es proposava realitzar l'exercici EX6, redactat en anglès.

El volum de feina associat al canvi de llengua és molt substancial perquè a més de preparar els problemes del curs, s'han d'anar traduint i concebant els textos. Així

⁶⁹ http://digsys.upc.es/sed//ED/grups_classe/06-07-q1/1BT4/EX/ED_Curs_06_07_Q1_1BT4_EX6.pdf

mateix, paulatinament s'han de revisar i plantejar els nous materials d'estudi, les unitats didàctiques i els documents d'organització del curs. La idea final és una assignatura que tingui tota l'aparença d'impartida en anglès. La transformació és pautada segons els nivells indicats a la Taula 62, però s'arriba en pocs quadrimestres a assolir el grau 4. El professor necessita programari d'ordinador, correctors ortogràfics, traductors, plataformes docents, sistema de correu electrònic i la resta d'aplicació en anglès.

Pel que fa a l'assignatura SED, es va procedir de la mateixa manera. En aquest cas es va començar un any més tard, el curs 07-08-QT, preparant en anglès solament els enunciats dels exàmens de control. Vegeu per exemple l'MI3⁷⁰.

Més endavant es va procedir a traduir i adaptar els exercicis, els quals, en tractar-se d'una assignatura del 2A, són més complexos i elaborats que els de l'assignatura prèvia ED. Vegeu per exemple l'EX3⁷¹, que anava acompanyat també dels materials addicionals descrits a la pàgina web i a l'agenda del curs, com mostra la Fig. 133. A aquest desplegament de recursos, cal afegir-hi la relació professor estudiant en anglès a les hores de consulta o a través del correu electrònic.

EX3 (doc) (pdf) An example of a VHDL-based application project (pdf). You'll use the Altera platform for designing and simulating CPLD or FPGA-based digital systems (Quartus-II).

- A [matrix keyboard](#) in Proteus for visualizing the way it works and the kind of codes generated for each row and column

- A [FSM for debouncing a key pushbutton](#)
- A [complete example](#) to check the difference between debouncing or not when clocking a [counter](#)
- The [scanning keyboard](#) using the UP2 and the MAX EPM7128S CPLD (The same project [without debouncing the columns](#))
- The [scanning keyboard](#) using the UP2 and the FLEX EPF10K70 FPGA

- [Additional project](#) Altera Quartus II for analysing the bouncing problem of the pushbuttons and switches (a bounce-free pushbutton could be required for the multiplexed display system). The shift register solution.
- Additional notes for designing [debouncing filters](#) if you have the need of cleaning push-button pulses ([VHDL](#) code analysis for the "debouncing" circuit)
- Example of the design of a [FSM en VHDL](#)
- Another example of a FSM in VHDL ([Unit 1.6](#))
- Example (from [here](#)) of the classic architecture that conforms any digital system: (1) datapath, operational or process unit, and (2) controller or control unit. Our real-time clock is not an exception. Try to identify the components that belongs to every block in our [real-time clock project](#)

4 - 04 - 2008

- Remember that EX3 has to be delivered in a definitive electronic (pdf) version through the course's Intranet by the due date: Tuesday, April 29th. [Here](#) you have a project general schematic that you can redraw and modify to suit your specific design.
- NOTE. Today April 4 I can't attend you in my desk. I'll be out in BCN

3 - 04 - 2008

- Remember the due date for MI-2 Part B is Tuesday, April 8th

22 - 03 - 2008

- Exercise [EX3](#) has been posted here

Fig. 133. Pàgina web i agenda amb notes de l'exercici EX3 del curs 07-08-Q2 de SED.

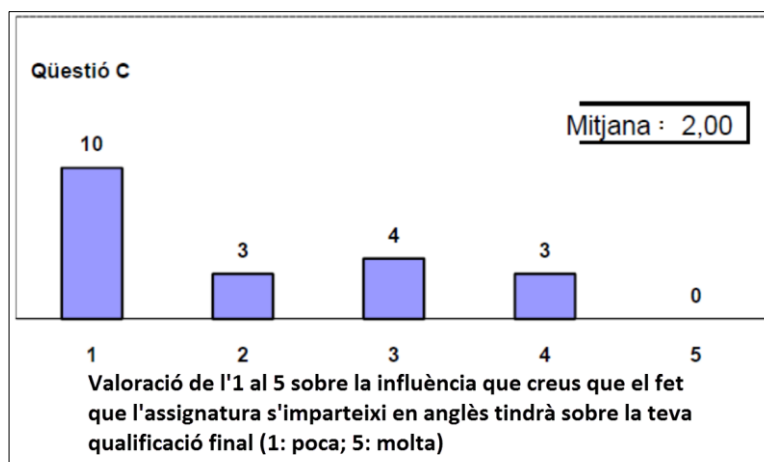
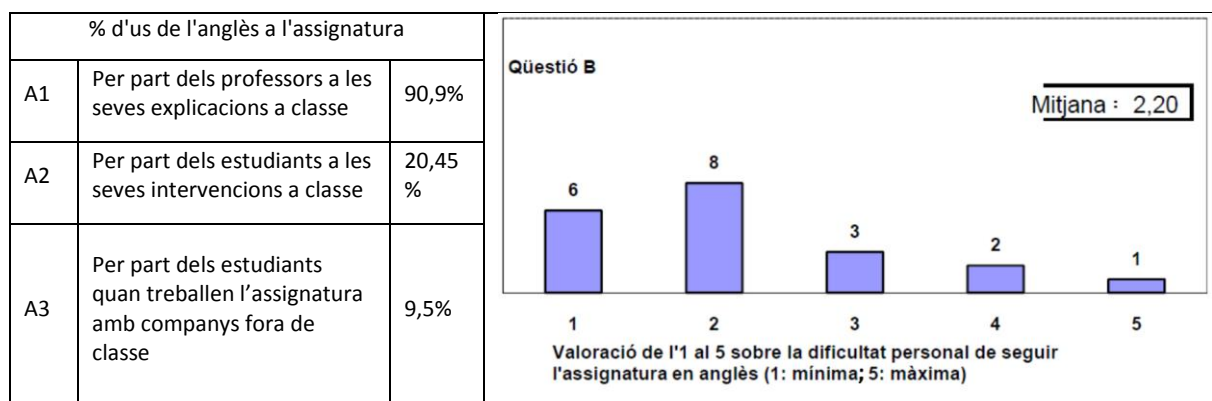
⁷⁰ http://digsys.upc.es/sed//SED/grups_classe/07-08_Q1/2AT4/examens/SED_07_08_Q1_Control_MI2-3.pdf

⁷¹ http://digsys.upc.es/sed//SED/grups_classe/07-08_Q2/2AT4/exercicis/EX3/SED_Curs_07-08_Q2_2AT4_EX3x.pdf

L'objectiu, com hom pot imaginar és crear un ambient al voltant de l'assignatura en què la llengua vehicular sigui sols l'anglès i procurar les condicions per aconseguir una immersió tal que un estudiant Erasmus matriculat a l'assignatura se senti perfectament còmode. Ha de semblar com si l'estudiantat hagués anat a un país anglòfon a cursar l'assignatura.

4.5.2.2 Resultats

La valoració dels resultats es duu a terme analitzant: 1) les enquestes que passa la sotsdirecció d'estudis de l'EETAC a mitjan quadrimestre sobre l'ús de l'anglès a les assignatures que han declarat que impartirien la docència en aquesta llengua; 2) el qüestionari general tipus SEEQ que les assignatures de l'àrea passen al final de curs, i 3) les pròpies impressions i comentaris dels professors i dels estudiants durant el curs. La Fig. 134 mostra els resultats percentuals a les preguntes concretes per al quadrimestre 08-09 QP i són prou indicadors de la percepció que han tingut les experiències. La Taula 63 mostra els comentaris oberts que els estudiants han emplenat voluntàriament en ser preguntats sobre els aspectes positius i negatius de cursar la matèria en anglès.



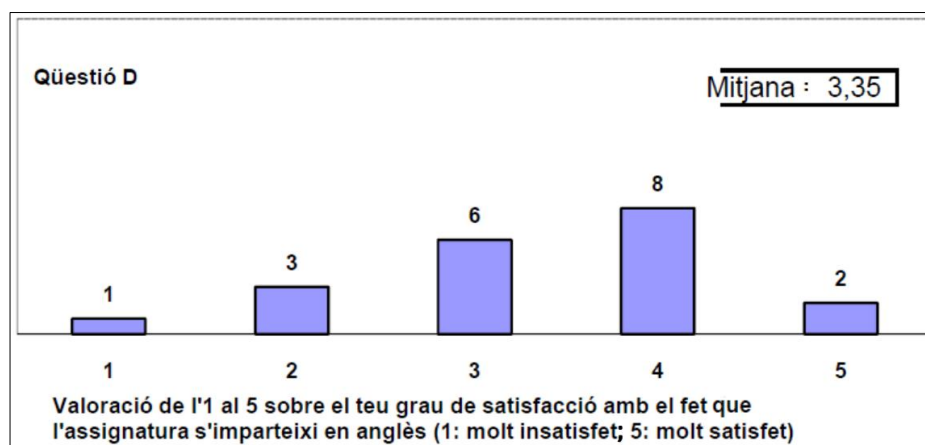


Fig. 134. Percentatges i gràfiques de resultats de les enquestes del curs 08-09 QP.

La majoria d'estudiants, com ens suggereixen les enquestes que es mostren tot seguit, té un nivell suficient de comprensió lectora i escrita quan arriba a la universitat i es veu amb la necessitat de posar en pràctica els coneixements adquirits en el batxillerat, o de prendre decisions com compaginar els estudis amb cursos d'idiomes per millorar el seu nivell de competència. En el nostre cas, el fet que les assignatures siguin de caire tècnic, molt procedimentals i amb un vocabulari molt específic, facilita l'adquisició del llenguatge.

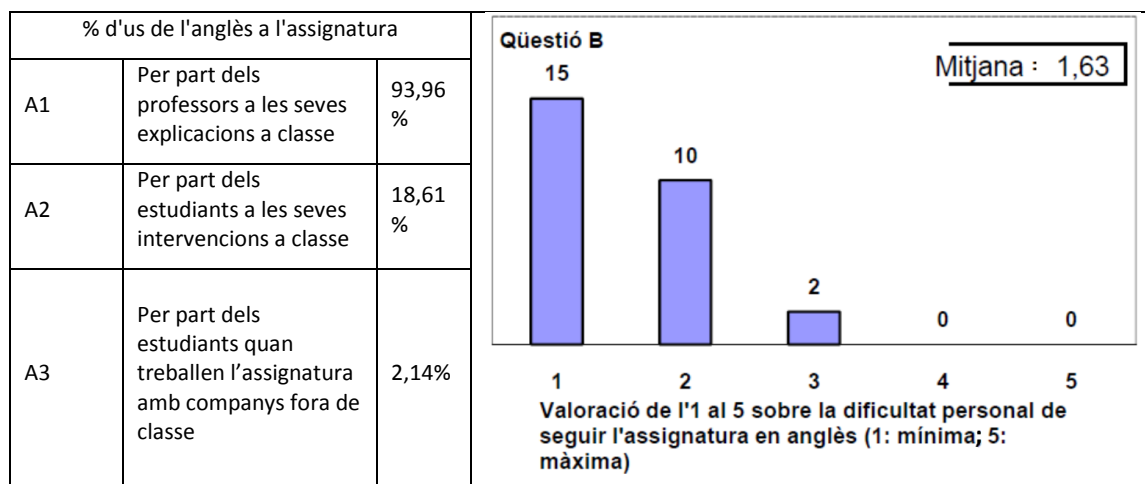
Les nostres experiències ens han demostrat que el desplegament d'aquesta competència no és traumàtica. Els estudiants entenen bé el perquè i en realitat, el punt clau de l'èxit o fracàs de la iniciativa és són la determinació i la perseverança del professor per canviar i mantenir-se ferm en l'ús de l'anglès en tota mena de situacions. Tal com s'ha comentat, els professors ja usen aquesta llengua per a la recerca, només cal que s'atreveixin a fer el mateix en la docència.

Comentaris de respostes a la pregunta oberta: "Indica els aspectes positius i els negatius de cursar l'assignatura en anglès" (Cada fila correspon als comentaris d'un estudiant)	
Positiu	Negatiu
Fomentar l'ús de l'anglès en l'aspecte tècnic.	
Aprendre termes tècnics en anglès.	Ningú parla a classe en anglès amb el professor.
S'adquireix vocabulari tècnic en anglès.	Costa una mica més seguir les explicacions.
S'aprèn anglès (important per a enginyeria).	Cap problema.
Practiques l'anglès.	D'aspectes negatius de l'assignatura per culpa de l'anglès no n'hi ha, el que passa és que l'assignatura està totalment desorganitzada i el sistema d'aprenentatge és molt amoïnós, almenys podrien facilitar apunts ORDENATS i no entregar exercicis d'anys anteriors com a apunts. (Comentari a la pregunta B: L'assignatura costa moltíssim seguir-la a part de l'ús de l'anglès perquè el mètode dels apunts està molt desordenat). (Comentari a la pregunta C: Es fa l'assignatura molt

	pesada de seguir ja que en combinar el mètode d'aprenentatge i a sobre en anglès es fa molt complicat aprovar els mínims, i després si vols recuperar a la setmana d'exàmens en català et fas un embolic).
	Costa de seguir les classes a vegades. Els mínims són difícils d'entendre.
Per a un futur i, com que no tinc temps de revisar l'anglès, em va bé.	Hi ha coses que no entenc.
Que haig d'aprendre anglès per al futur.	Hi ha coses que no em queden clares.
Millorar el nivell d'anglès.	Manca de més teoria.
Em dona la possibilitat de millorar l'anglès.	A vegades tinc dificultats per entendre alguna explicació.
Entendre i practicar l'anglès.	Més dificultat afegida per part de l'idioma.
Practicar l'anglès.	El professor no s'expressa tan bé com en la seva llengua.
Sents parlar anglès.	No la segueixo tan bé com en castellà o català.
Sentir la classe en anglès millora el nivell de comprensió oral.	És més difícil seguir les explicacions.
Aprèn vocabulari que et pot servir més endavant.	Dificultat amb alguns conceptes tècnics que normalment no utilitzes.

Taula 63. Comentaris oberts tant positius com negatius dels estudiants 08-09 QP.

La Fig. 135 i la Taula 64 presenten la informació recollida el quadrimestre 09-10 QT també per a l'assignatura ED.



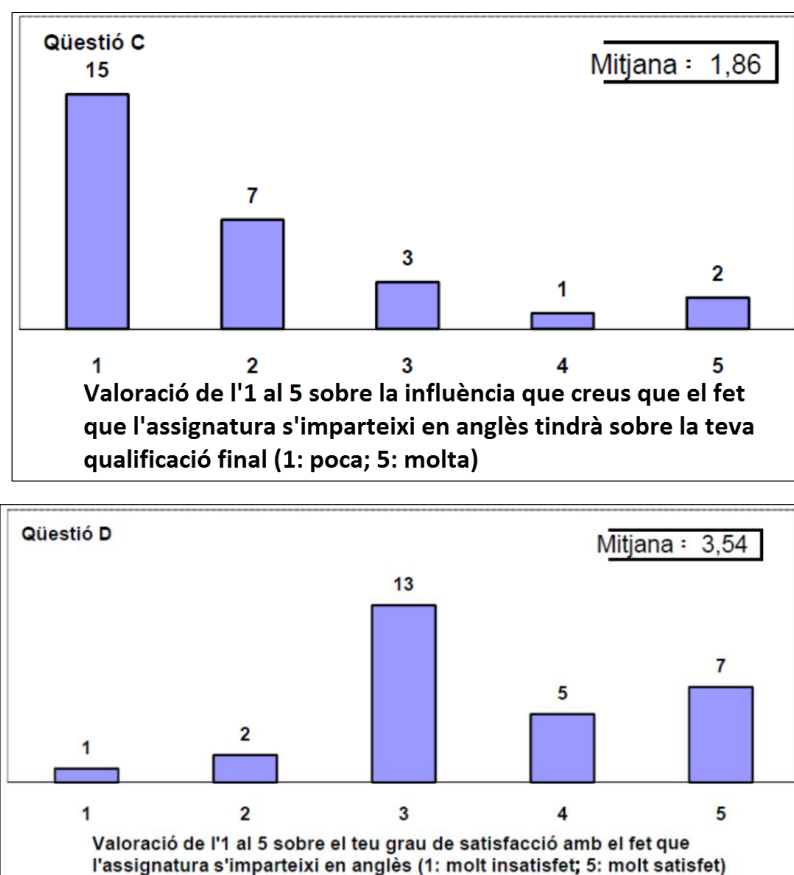


Fig. 135 Percentatges i gràfiques de resultats de les enquestes (09-10 QT).

Comentaris de respostes a la pregunta oberta: "Indica els aspectes positius i els negatius de cursar l'assignatura en anglès" (Cada fila correspon als comentaris d'un estudiant)	
Positiu	Negatiu
Hi acostumes l'oïda	A vegades costa entendre alguna explicació
Familiaritzar conceptes en l'altre idioma	Poc entenedor a les classes
Aprendre vocabulari	Algunes paraules més tècniques
<i>Get used to listen to it</i>	<i>It's a bit more difficult</i>
Agilitat amb l'idioma	Endarrerix o fa més lenta la feina
Aprenem anglès i això ens servirà per a un futur	Per als que anem malament en anglès ens consta més seguir l'assignatura.
Aprenem anglès	Nota final més baixa. Menor comprensió. Mínims fàcils, però amb l'anglès són difícils. Grau d'atenció menor perquè no entenem l'anglès. Això comporta pitjor nota.
Acostumar-se a l'idioma.	No s'entén massa l'assignatura.
Millor anglès	Estaria bé obligar els alumnes a parlar amb el professor i amb el grup en anglès.
Indiferent	Indiferent
Practicar l'anglès	Dificultat afegida. Vocabulari
Aprens anglès tècnic i t'hi acostumes	Cap

Te acostumbras a usar el inglés i lo interiorizas	Ninguno
Se mejora el nivel de comprensión del inglés	No tuve la oportunidad de hacer la asignatura en otro idioma.
Aprendre vocabulari tècnic	Més dificultat
Increment de vocabulari	Potser l'explicació és més senzilla del que seria en castellà perquè els estudiants puguem entendre-la, per tant, no s'aprofundeix tant.
Practicar anglès. Millorar-lo	Alguna dificultat per no ser l'idioma matern.
Aprendre llenguatge tècnic en anglès	A vegades pot ser difícil de seguir.
És bo per acostumar-se a les converses en anglès.	Per a mi no hi ha aspectes negatius.
Recordem un idioma que serà molt important en el nostre futur	La gent que no sap anglès es pot perdre i no comprendre les classes.
T'acostumes a sentir l'anglès	A vegades pot ser difícil de seguir
Ayuda a familiarizarse con la lengua.	
Practicar l'anglès	
<i>All of them. Improve my English</i>	<i>None</i>
<i>Improve my English</i>	
S'acostuma l'orella a l'anglès	Hi ha coses que no queden del tot clares.
Entendre l'anglès en converses.	Que perds informació a l'hora d'entendre.
Posar a prova el teu nivell.	Més dedicació i concentració.

Taula 64. Comentaris oberts tant positius com negatius facilitats dels estudiants (09-10 -QT). Cada fila representa els comentaris positius i negatius d'un estudiant.

El fet que les assignatures, a més de l'anglès, pretenguin desenvolupar tres competències més (treball en equip, aprenentatge autònom i comunicació eficaç) a través d'una metodologia activa basada en l'AC i PBL, pot condicionar lleugerament el resultat d'aquestes enquestes, centrades exclusivament en l'ús de l'anglès. És a dir, no hi ha classes expositives convencionals amb exàmens finals, sinó treball en grup i una organització que promou que l'estudiant sigui el centre, fent-lo responsable directament del nivell al qual vol aprendre, i probablement cal observar aquest resultat conjuntament amb els obtinguts en les altres preguntes de les enquestes més detallades tipus SEEQ que es passen a final de curs (vegeu l'anàlisi general de resultats de les enquestes presentat a la secció 4.4 i a tall d'exemple, la Fig. 136 amb el resultat de la qüestió A5 de l'últim curs 09-10 QT en els grups-classe de matí i tarda, on fins i tot coincideix la mitjana). És a dir, els estudiants s'enfronten a l'anglès juntament amb altres activitats que també són novetats per a ells, i sobta comprovar que accepten el repte de bon grat i asseguruen, per exemple, que el nivell de dificultat de l'assignatura no s'incrementa excessivament pel fet que sigui en anglès. La veritat és que una vegada més, com passa amb altres iniciatives dutes a terme i que comporten un compromís considerable per la seva part, els estudiants ens sorprenen gratament, mostrant-se ben preparats i disposats a assumir més reptes dels que habitualment pressuposem.

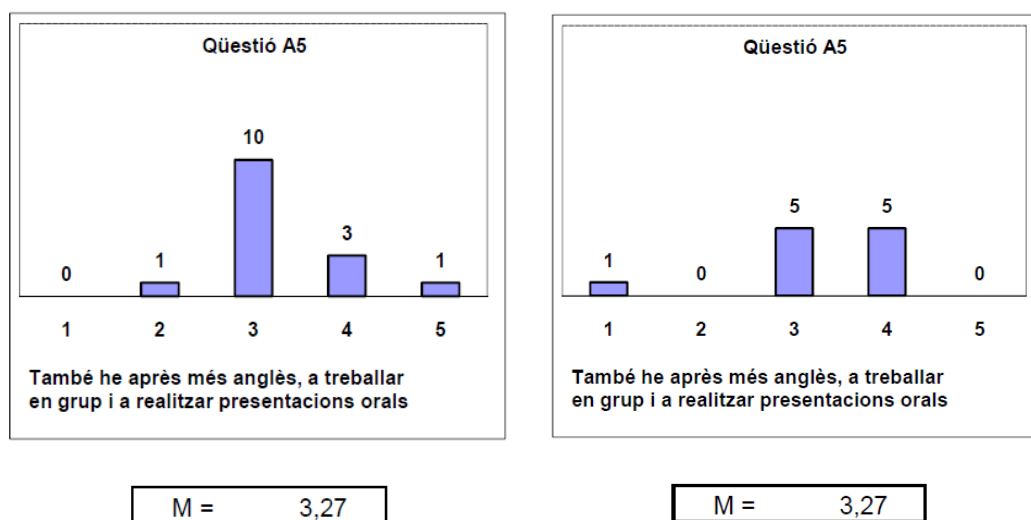


Fig. 136 Resultat obtingut a la pregunta A5 (09-10 QT) del qüestionari tipus SEEQ d'ED en els grups de matí i tarda.

Estem convençuts que la feina realitzada i tot l'esforç dedicat en la preparació de la matèria ens permet desenvolupar aquesta competència genèrica de la tercera llengua en cada quadrimestre. A partir dels resultats, entenem que els obrim el camí perquè escoltin professionals desenvolupant continguts tècnics i problemes en anglès, llegeixin materials tècnics en aquesta llengua, s'hi expressin ells mateixos i la practiquin amb professors i companys.

La nostra proposta per als estudis de grau seria que almenys una assignatura cada curs s'organitzés en anglès. Amb una sola matèria en aquesta llengua no n'hi ha prou. Si hem d'anar pujant de grau l'experiència de l'anglès, assolint per exemple el grau 4, en què se'ls invita a escriure i a comunicar-se entre ells en aquesta llengua, queda clar que són necessàries diverses assignatures. Ells també ens ho reconeixen a la Taula 64, on comenten que el percentatge d'ús de l'anglès entre ells és molt baix. Per això la prova es va estendre a l'assignatura SED del 2A, a la qual ja se'ls podia exigir que els informes d'alguns exercicis o la presentació del projecte d'aplicació fossin en anglès. En treballar en grup sempre és més fàcil que algun membre tingui més habilitat per escriure l'anglès i per preguntar dubtes a classe. Ara bé, no tots reaccionen de la mateixa forma quan se'ls ha invitat a treballar entre ells en anglès amb discussions i intervencions a classe, a resoldre els exercicis i documentar-los també en anglès, hi ha un bon nombre d'estudiants que durant tot el curs fan l'esforç d'atendre explicacions i llegir enunciats de problemes en anglès, però no proven pràcticament mai d'usar aquesta llengua. Per això creiem que més matèries com aquestes els facilitarien el pas.

Pel que fa a les limitacions legals sobre les llengües emprades a l'aula, som conscients que algun estudiant es podria negar en rodó a l'assistència a classe en una llengua que no fos el català o el castellà, com marca la guia docent. Ara bé, en tots aquests anys no hem tingut cap problema. Els estudiants entenen per què pretenem aquesta immersió i no hi posen objeccions. Potser poder venir al despatx a preguntar qüestions del curs els tranquil·litza.

4.5.3 Aprenentatge de l'anglès a CSD

Amb aquestes premisses inserides en el pla pilot, considerant els bons resultats obtinguts i l'acceptació per part dels estudiants, i sobretot perquè encara hi ha un marge de millora considerable per part nostra, hem decidit impartir en anglès la nova assignatura CSD dels estudis de grau amb l'acord de la direcció d'estudis de l'escola. La intenció és assolir el grau 4 (vegeu la Taula 62) després d'una sèrie de quadrimestres en què s'aniran generant i adaptant materials al mateix temps que els professors que hi participen reben la formació necessària, posen a prova els seus coneixements i adquireixen confiança en el concepte de l'aprenentatge de continguts amb l'anglès com a mitjà (EMI) a més de les altres metodologies actives heretades.

Per tal d'introduir aquesta competència genèrica el pla de treball obliga a replantejar i modificar alguns procediments, els més significatius dels quals s'enumeren i expliquen a continuació.

- Declarar que l'assignatura també serà en anglès.

Legalment les assignatures no es poden cursar solament en anglès, a la Taula 65 cal especificar també el castellà o el català, tot i que és el que seria raonable si es pretén desplegar el màxim potencial del CLIL fent palès als estudiants des de la pròpia guia que el nostre és un ferm propòsit. Tot i que potser també per qüestions pràctiques, ja que a un professor nou que hagi d'encarregar-se de la matèria per primera vegada li pot resultar complicat impartir classes a més a més en anglès. Així que hem de preveure que l'assignatura, per a segons quins grups-classe i segons quins professors, pot romandre temporalment al nivell 1 de la competència.

CIRCUITS I SISTEMES DIGITALS

Descripció general

Nom de l'assignatura (cat., cast., angl.):	Circuits i Sistemes Digitals
Centre docent:	EPSC
Departament:	EEL
Crèdits ECTS:	6
Titulació:	Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació/Grau en Enginyeria Telemàtica
Curs:	2A
Idioma d'impartició:	català, castellà, anglès
Codi:	300022
Tipus d'assignatura:	Obligatòria

Taula 65. Descripció general de la guia docent de CSD on se'n deriven la impartició també en anglès.

- Revisió del objectius d'aprenentatge.

La llista d'objectius d'aprenentatge [179] per fer palesa la presència de l'anglès i condicionar l'organització de l'assignatura n'ha d'incloure algun del tipus:

“Interpretar la documentació (normalment en anglès) i comparar les famílies lògiques i les seves característiques elèctriques més significatives (nivells de tensió, marges de soroll, potència dissipada, temps de propagació, etc.), així com interpretar la informació bàsica recollida en

catàlegs dels circuits integrats digitals de xips clàssics, programables i microcontroladors per poder-los usar en el disseny d'aplicacions”.

Es tractaria d'un objectiu cognitiu del nivell més bàsic de la taxonomia de Bloom (adquirir, recordar, enumerar, identificar, definir, llistar, explicar, etc.), però que es pot anar completant a mesura que es guanyi en experiència i que el desplegament de les competències genèriques a través del pla d'estudis permeti establir què és exigible per a una assignatura del quadrimestre 2A. Actualment, la competència de tercera llengua es desplega a l'EETAC segons tres nivells, com veieu a la Taula 61, de forma que en tenir en compte la feina realitzada en aquesta competència durant els quadrimestres 1A i 1B del primer curs, s'ha incrementat l'exigència fins al nivell CG3.2: com que se'ls encoratja a fer-ho, molts estudiants ja redacten la documentació de les solucions dels problemes en anglès per pròpia iniciativa. Ara bé, si a més d'assistir a les classes i llegir determinats documents tècnics en anglès, calgués obligar-los a redactar treballs i informes en aquesta llengua, seria imprescindible un nou acord de l'escola per donar cobertura a la preparació d'un objectiu d'aprenentatge més ambiciós del que s'ha proposat fins ara.

- Preparació de les activitats i materials.

En el nostre cas, suposa redactar els enunciats dels problemes, els exàmens i l'agenda del curs en anglès. Òbviament, les experiències prèvies en les assignatures d'ED i SED han estat fonamentals per poder preparar la majoria de documents en aquesta llengua des de la primera edició de l'assignatura el curs 10-11 QT. Hom pot consultar tots els materials generats, que es troben enllaçats a la web i són accessibles en obert⁷². Vegeu, a tall d'exemple, un exercici en grup cooperatiu i un control de coneixements bàsics individual:

- http://digsys.upc.es/ed//CSD/terms/09_10_Q2/problems.html#EX1
- http://digsys.upc.es/ed//CSD/terms/09_10_Q2/MI/MI2/E1_09_10_Q2_Control_MI2.docx

Per part seva, els estudiants també poden atrevir-se a escriure totalment o en part les seves solucions dels exercicis proposats en anglès i assolir així el nivell CG3.2 o grau 4 de la competència. Com que l'assignatura es desenvolupa en grups cooperatius formals que romanen junts tot el curs, és habitual que algun dels estudiants domini suficientment l'anglès escrit per atrevir-se a la redacció, i fins i tot acabi motivant els que d'entrada no estaven predisposats a fer-ho. En començar el curs es pretén que els estudiants usin l'anglès com a mínim en algun dels exercicis o controls. Aquests treballs resolts estan disponibles a través de l'enllaç als portafolis electrònics dels grups cooperatius. Per exemple, els portafolis realitzats durant la primera edició del curs en el semestre 09-10 QP es poden consultar en aquest enllaç⁷³, i els portafolis dels grups cooperatius d'estudiants d'altres edicions de CSD més recents es troben enllaçats a la pàgina corresponent a l'agenda de cada grup de

⁷² Web de l'assignatura CSD, accessible a <http://digsys.upc.es>

⁷³ http://digsys.upc.es/ed//CSD/terms/00_old/09_10_Q2/news_1BM.html

classe, com ara⁷⁴. Recordem que cada grup cooperatiu, per permetre'ns el seguiment cronològic de l'aprenentatge, prepara el seu portafolis electrònic amb la intenció de mostrar en obert els seus documents i reflexions, així com els comentaris i les correccions dels instructors. Tot seguit es mostren un parell d'enllaços a treballs representatius d'estudiants que intenten desplegar aquesta competència.

<ul style="list-style-type: none"> • Exemple de solució d'un exercici presentada per un grup del curs 09-10 QT quan es va realitzar la primera experiència (circuitos combinacionals) 	https://sites.google.com/site/eportfoliogr/Exercises/ex1/exemple_ED_09_10_QT_exercici_CC.docx?attredirects=0&d=1
<ul style="list-style-type: none"> • Treball més recent sobre sistemes seqüencials. 	https://sites.google.com/site/eportfoliogr/Exercises/ex1/exemple_CSD_1_112_QT_exercici_SS.docx?attredirects=0&d=1

- Revisió i traducció d'unitats didàctiques (mapes conceptuais).

El contingut de curs s'estructura en unitats didàctiques, bàsicament una per cada un dels tèmics importants relacionats amb la preparació dels projectes que se'ls encomanen. Els estudiants les consulten no necessàriament de forma seqüencial, sinó tot sovint en funció dels problemes plantejats en cada curs. Preparar cada un d'aquests tèmics a través de mapes conceptuais, gràfics, vídeos i altres eines que permetin un estudi autònom, que és la nostra intenció, serà una tasca feixuga de dur a terme que s'anirà duent a terme en diversos quadrimestres. La Fig. 137 mostra un d'aquests primers mapes en què apareixen els conceptes per dissenyar circuits combinacionals senzills descrits en VHDL sintetitzables en xips PLD⁷⁵. La intenció, atenent a la conjunció de continguts, és reescriure i actualitzar moltes de les unitats didàctiques de les assignatures antigues ED i SED. A més a més, la unitat podrà completar-se amb gravacions d'àudio o vídeo explicatives, que es preveu fer en anglès. Amb aquest propòsit s'han adquirit i assajat programaris de gravació de presentacions en pantalla o transparències i d'edició de documents amb tinta electrònica com ara el *Camtasia Studio* i l'*Snagit* de TechSmith⁷⁶. Els resultats són satisfactoris i ja estan disponibles alguns vídeos editats per complementar unitats. Es tracta d'emular, a una escala molt menys formal però igualment efectiva, els *web-seminars* o presentacions breus amb què les empreses del sector acompanyen els productes. A tall d'exemple, consulteu la unitat 2.6B⁷⁷ sobre simulació VHDL a nivell estructural usant *Quartus-II* i *ModelSim*.

⁷⁴ http://digsys.upc.es/ed//CSD/terms/1112Q1/3GM1/news_3GM1.html

⁷⁵ Unitat 1.9 de CSD: http://digsys.upc.es/ed/CSD/units/Ch1/U1_09/Unit1_9.html

⁷⁶ <http://www.techsmith.com>

⁷⁷ http://digsys.upc.es/ed/CSD/units/Ch2/U2_06B/gate_level_demo/gate_level_demo.html

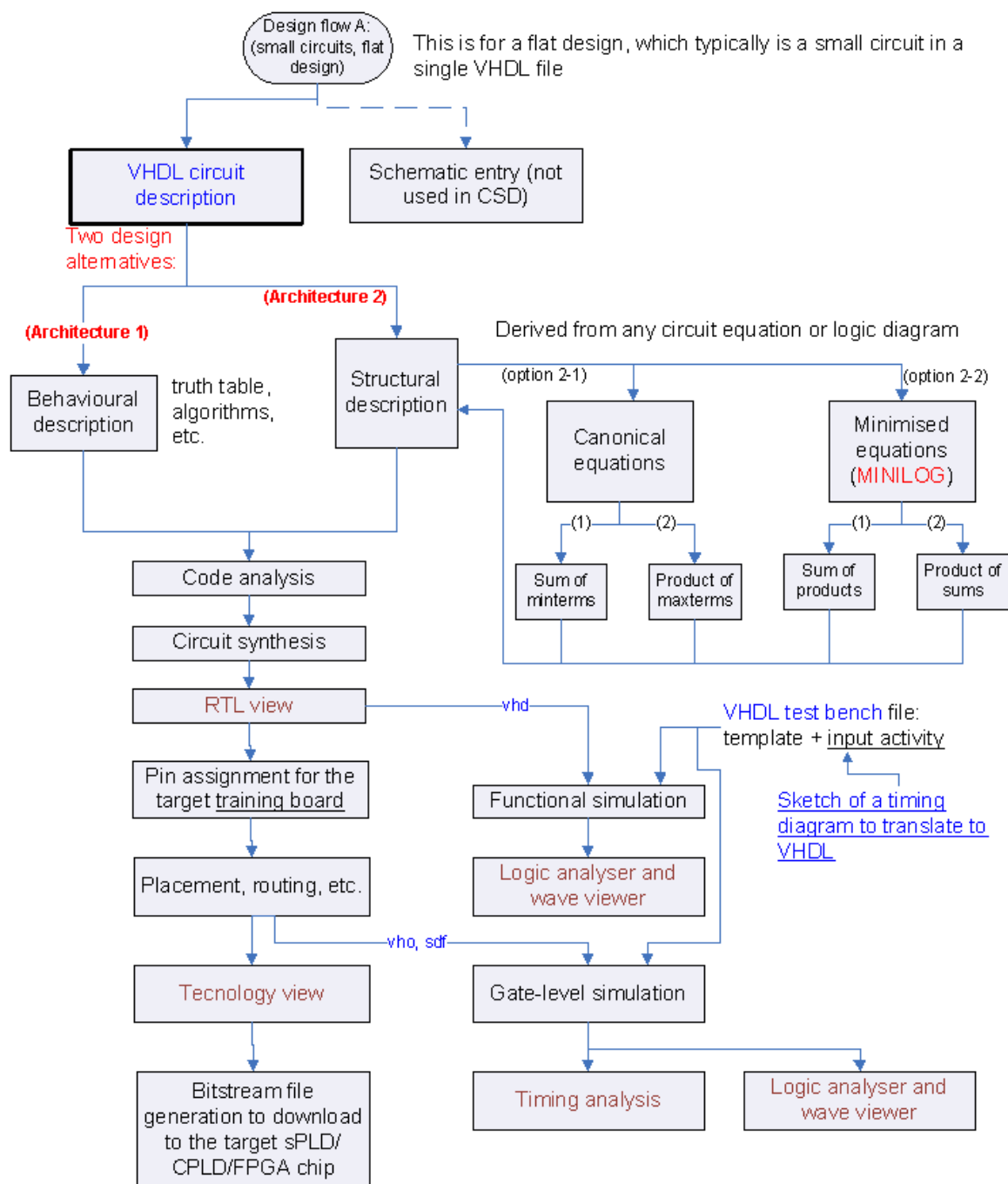


Fig. 137. Exemple de mapa conceptual. Transparència que inicia la unitat 1.9 sobre les alternatives per al disseny de circuits combinacionals senzills i el flux de disseny a seguir per sintetitzar el circuit en un xip programable.

- Introducció de presentacions orals de problemes o projectes en anglès.

L'objectiu és que durant el curs cada estudiant tingui ocasió de presentar com a mínim un dels seus treballs en anglès. Aquest és un dels punts que han de conduir a l'assoliment del grau 4. Serà necessari preveure que l'exposició amb transparències del projecte d'aplicació es faci en anglès per part dels estudiants. Algunes d'aquestes presentacions, si escau, es poden gravar en vídeo i posar-les a disposició dels futurs

estudiants, tal com ja passa amb els treballs escrits, ja que queden associades al portafolis d'aprenentatge. Es tracta del compromís més difícil, el que més dificultats els representa, encara que la presentació sigui curta i es pugui realitzar en grup cooperatiu, i per tant suposi pocs minuts d'exposició per persona. L'experiència ens mostra que solament els estudiants que s'han habituat durant el curs a preguntar i dialogar amb els professors en anglès són capaços de preparar també la seva intervenció en el projecte en anglès. Aquesta activitat obre el camí a l'avaluació de la competència en anglès oral en aquesta o altres assignatures, segons quin sigui el camí escollit per l'escola.

Finalment, cal remarcar el compromís amb l'edició i ús continu de la web de l'assignatura en anglès perquè continuï sent la plataforma a través de la qual els estudiants accedeixen als continguts en anglès dels cursos, als millors treballs d'estudiants de cursos precedents i als enllaços a altres recursos sobre la matèria disponibles a Internet. Que s'hagi de cursar la matèria navegant per la nostra web tal com farien per la d'una empresa del sector de les TIC o de la nostra àrea de coneixement és un element molt important per aprendre l'ús de la llengua en el nostre context específic. Avançant per les unitats i resolent els problemes han trobat definicions de diccionari, glossaris, exemples de cursos, materials d'altres universitats, enllaços a empreses del sector i els seus programaris d'enginyeria electrònica, fulls d'especificacions, vídeos de presentació i altres elements que els permeten aprendre la terminologia associada al contingut específic en la seva versió original. La web inclou a més una secció d'enllaços a recursos en anglès, com els que posa a disposició per l'autoaprenentatge l'SLT de la UPC [178], els *Academic Communication Resources* [181].

Conclusions

Durant el període de plans pilot d'adaptació a l'EEES s'han recollit prou evidències que demostren la possibilitat d'estudiar continguts específics de l'àrea directament en llengua anglesa, cosa que facilita l'adquisició d'aquesta competència als nostres estudiants d'Enginyeria de Telecomunicació. Els alumnes accepten de bon grat i majoritàriament troben força interessant aquesta oportunitat que se'ls ofereix. S'ha proposat un pla sistemàtic per tal que un professor no habituat adquireixi pas a pas el compromís d'introduir el CLIL progressivament. Així mateix, es pretén adaptar i generar materials nous que seran visibles a través de la web de l'assignatura per facilitar-ne l'estudi. La teoria rere el CLIL és molt genèrica i adaptable a moltes àrees de coneixement; si nosaltres ho hem resolt a tecnologia electrònica per a estudis de grau en Enginyeria de Telecomunicació, res no sembla indicar que en altres estudis tècnics no es pugui implementar la mateixa metodologia sistemàtica. Els instructors es presentaran i actuaran no pas com professors nadius de llengua anglesa, sinó com enginyers del sector que usen l'anglès com a llengua franca, en aquest cas per impartir un curs, com ho farien altres professionals d'un entorn empresarial global. Els estudiants poden acabar el curs amb les seves capacitats molt potenciades, de forma que per exemple els resulti molt més fàcil prendre la decisió de sol·licitar una

beca Erasmus per acabar els estudis o demanar pràctiques d'empresa directament en un entorn multinacional.

Per als professors, l'esforç tan considerable d'arrencada com quan es pretén introduir qualsevol altra competència transversal, es va compensant a mesura que es preparen i revisen els materials i s'agafa confiança. En tot cas, queda analitzar com queda la situació acadèmica de la competència en anglès en el global dels estudis, i més atenent a les noves normatives referents al desplegament i certificació de les terceres llengües [182] per al global de la Universitat.

4.6 Estimació de la càrrega docent per al professor

4.6.1 Experiència d'ED

L'estimació de la càrrega de treball que representa per al professor treballar segons aquest nou model docent és un dels punts que més cal considerar. Si és pretén que aquest mètode tingui acceptació entre el professorat no n'hi ha prou a dir que funciona, que permet que els alumnes estudiïn més i millor, sinó que també ha de permetre una dedicació raonable als professors o ser *sostenible*, és a dir, que impliqui una càrrega de treball en docència dintre del que es considera correcte. En aquesta experiència realitzada sobre l'ED es tractarà de donar resposta a la pregunta: "quant de temps m'ocuparà la docència si decideixo organitzar la matèria emprant la nova metodologia activa i sistemàtica que integra i desplega competències genèriques i específiques?" L'estudi detallat i els resultats obtinguts a ED són suficients per respondre la qüestió, i en les altres assignatures on també s'ha experimentat s'ha arribat a conclusions semblants.

Ja hem anat apuntat al llarg d'aquest treball que la transformació gradual d'una assignatura troncal convencional de la fase selectiva a la nova metodologia basada en l'aprenentatge actiu no resulta senzill. Lògicament, durant el primer semestre d'implantació, tenint en compte la magnitud del canvi que es proposa, s'inverteixen moltes hores per part del professor. Es pot dir que la primera vegada representa una dedicació a temps complet a la tasca docent. Per aquesta raó, com s'ha apuntat al decàleg de la secció 2.6, es proposa que sigui el mateix professor coordinador, o bé un altre professor sènior qui s'encarregui de realitzar l'experiment a través d'un grup pilot. Ara bé, una vegada superada aquesta fase inicial d'un quadrimestre, desenvolupats els documents mínims i assajada la mecànica del nou sistema, és interessant saber quant temps pot representar per al coordinador i la resta de professors de l'assignatura la docència regular mitjançant aquest nou paradigma educatiu que encaixa perfectament en els plantejaments de l'EEES. Com que els professors, a més de docència tenen assignades les tasques de recerca, transferència de resultats de la recerca i gestió, és lògic que les escoles o universitats es preguntin pel cost continuat en règim permanent que la implementació generalitzada d'aquestes metodologies en estudis de grau pot representar per al seu professorat.

Durant els primers cursos en què s'ha experimentat a l'ED s'ha recollit informació referent al tipus d'activitat docent realitzada pel professor coordinador treballant

amb el nou mètode sistemàtic [157]. Cada grup-classe de 40 estudiants tenia dues sessions d'1,5 hores (CTE i TGA) i una altra d'1 hora (TGB) de problemes per a cada un dels subgrups de 20. El curs durava 15 setmanes lectives, per tant 60 hores presencials equivaldrien a 4,72 ECTS actuals. Més endavant, en reconvertir les classes de teoria en sessions de treball en grup, es va reorganitzar el grup-classe en dues sessions presencials (TGA i TGB) de 2 hores. Les tasques del professor s'han codificat segons la Taula 66. La preparació de material nou (PNM), que és molt intensa durant els primers quadrimestres i que es pot realitzar simultàniament amb la col·laboració de diversos professors de l'assignatura, no s'ha considerat en aquest còmput, que pretén mostrar tan sols una indicació del treball en règim permanent. Tampoc s'hi han inclòs tasques que tot i estar codificades i de les quals s'ha recollit informació, no formen part del curs d'ED: activitats de tutoria d'estudiants (TUT), atenció a becaris de suport a la docència (BEC), ni direcció i lectura de projectes de fi de carrera (PFC).

Tipus d'activitat	Codi
Classe de teoria E	CTE
Classe de teoria (treball en grup a l'aula)	TGA
Classe de problemes (treball en grup a l'aula)	TGB
Correcció	COR
Consultes dels estudiants d'ED	EST
Coordinació del curs	CUR
Preparació d'exercicis i exàmens	PEX
Preparació de nou material	PNM
Atenció al becari de l'assignatura	BEC
Tutoria d'estudiants	TUT
Atenció i lectura de projectes de fi de carrera	PFC

Taula 66. Codificació de tasques docents típiques d'un professor.

Vegeu la Fig. 138, que mostra les hores de dedicació totals per a un professor coordinador d'assignatura amb 5 hores lectives de classe d'ED durant un curs acadèmic de 20 setmanes de calendari. Aquest professor coordinador ha de dedicar un temps addicional considerable a l'activitat de coordinació del curs (CUR) quan el nombre de professors implicats en l'assignatura és gran. S'observa que la feina del professor coordinador durant el curs és bastant constant i regular, amb l'excepció de les setmanes anteriors als exàmens de recuperació de coneixements mínims, on augmenta. La mitjana setmanal resulta al voltant de les 9,7 hores. Per als professors de la matèria sense tasques de coordinació, la dedicació resulta inferior, de manera que si tot l'equip treballa en cooperació la càrrega de treball mitjana distribuirà. Per exemple, es pot optimitzar hores de tot el grup de professors simplement atenent els estudiants indistintament del grup de classe al qual pertanyin, o bé discutint i preparant materials que permetin explicar unitats didàctiques, tòpics o conceptes del curs amb més eficàcia, així com participant conjuntament en l'elaboració de nous

materials. Una de les accions més innovadores dutes a terme per millorar la coordinació del curs entre grups ha estat la posada en marxa de la web de l'assignatura, com s'ha explicat a la secció 3.2.

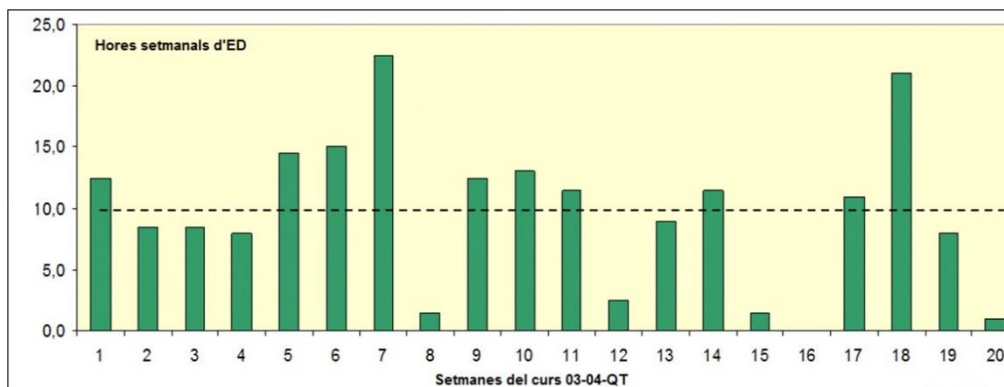


Fig. 138. Gràfica que representa el treball docent realitzat per un professor coordinador al llarg d'un quadrimestre de 20 setmanes considerant les tasques CTE, TGA, TGB, COR, EST, CUR, PEX relacionades amb la impartició del curs amb metodologia basada en l'aprenentatge cooperatiu.

La Fig. 139 mostra el desglossament del temps invertit pel professor coordinador entre les distintes activitats relacionades amb la docència de l'assignatura ED per ambdós quadrimestres del curs 03-04, quan va arrencar la transformació. El temps usat en classes lectives està representat per CTE, TGA i TGB; la correcció dels materials lliurats pels estudiants, per COR; el temps invertit atenent els estudiants en hores d'atenció és EST; la dedicació a la coordinació del curs, per CUR, i la preparació d'exercicis i exàmens, per PEX. S'observa que el paràmetre EST és molt gran i variable: 29% durant el QT i 19% durant el QP. La intervenció del professor variarà força en funció del nivell inicial de preparació dels estudiants, el seu interès per la matèria i la seva disposició a l'estudi. Un resultat força sorprenent, sobretot quan es compara amb el poc temps que sabem tots que es dedica a l'atenció quan s'ensenya de forma tradicional amb classes magistrals: poques o fins i tot cap consulta durant el curs i unes poques hores just abans dels exàmens parcials i finals.

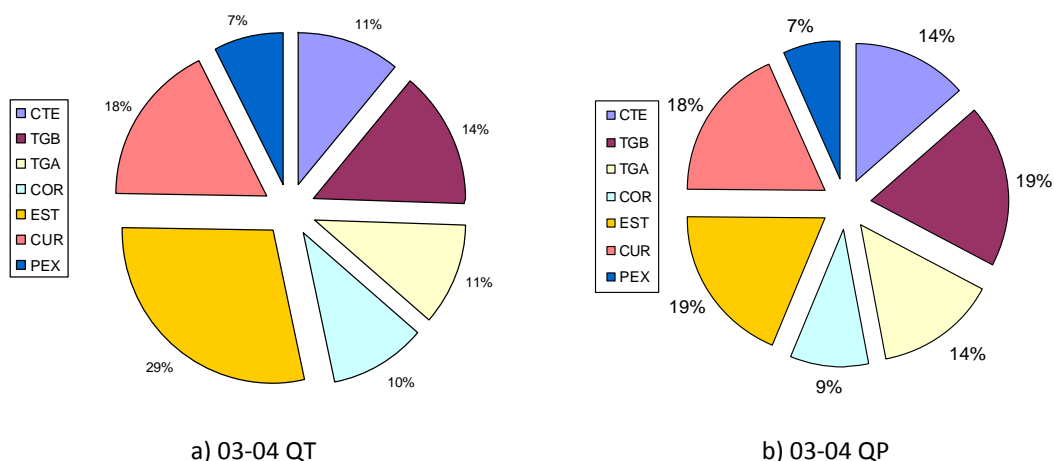


Fig. 139. Desglossament del temps invertit pel professor coordinador en les diverses activitats relacionades amb la docència de l'assignatura ED.

Mesures de temps de dedicació anotades en cursos posteriors d'ED van donar resultats del mateix ordre. Es pot concloure que quan un curs ja ha estat adaptat al nou format EEES adoptant una tècnica d'aprenentatge actiu com la que s'ha assajat a l'ED, la dedicació del professor a la docència és més intensa que en el mètode tradicional. S'ha verificat que deixant de banda la feina del coordinador durant els quadrimestres de posada en marxa, la dedicació setmanal dels professors a la docència en règim permanent no sol superar les hores de classe més les hores d'atenció a l'estudiant. A la UPC aquesta dedicació és de mitjana 8 hores de classe i 6 hores d'atenció. És a dir, a diferència del mètode tradicional, sí que s'emplenen setmanalment les hores de docència presencial a les aules i les no presencials al despatx. Els professors treballen més en docència, però no més del que tenen establert com a normal.

Amb la dedicació mitjana a la docència i amb les dades que hem recollit, si ens referim ara a la grandària dels grups-classe, diríem que un professor pot atendre un màxim de 120 estudiants per curs, repartits per exemple en dos grups-classe de 40 el primer quadrimestre i un altre grup-classe de 40 el segon, amb els grups-classe subdividits en dos grups de 20 per assistir a les classes de problemes. Els dos grups-classe poden ser de la mateixa matèria o diferent, ja que en règim permanent és el nombre d'estudiants per atendre el que dona la feina. Repetir un parell de grups de la mateixa assignatura no redueix feina bàsicament perquè la correcció i el seguiment individual s'endú un nombre significatiu d'hores.

Quant a l'alternativa organitzar en cada quadrimestre un grup-classe de 80 estudiants subdividit en 4 grups de 20 per a les classes de problemes, és a dir, augmentem un 33% el nombre d'estudiants anuals amb una hora menys presencial de professor (passem de 15 hores a 14), si prenem com a referència la interacció i la monitorització que es produeix a les classes de 40 i volem assolir paràmetres de rendiment i aprenentatge similars, seria necessari ampliar força la dedicació del professor. L'efectivitat de les classes de 80 seria molt inferior i s'hauria de compensar dedicant moltes més de les 6 hores setmanals a la tutoria i l'atenció personalitzada. En conseqüència, aquesta formulació sols seria adequada per a professors amb orientació docent amb una dedicació molt més exclusiva a la docència, els quals podrien manejar fins a 160 estudiants per curs.

La dedicació més intensa i regular dels professors a les diverses tasques docents de l'assignatura, ja és per si mateixa una raó de pes que explica per què els estudiants, en acabar el curs han après més continguts i més significativament, així com un conjunt evident d'habilitats genèriques. També es podria asseverar que si el professor acaba dedicant més hores a tasques docents com a conseqüència de la monitorització i seguiment intensiu del treball dels estudiants, s'aconsegueix que més estudiants augmentin el seu rendiment.

4.6.2 Altres experiències

Pel que fa a la càrrega docent del professor en experiències dutes a terme a les altres matèries d'SED, CiC i CSD, val a dir que vam començar també anotant la dedicació,

però en veure que el patró era repetitiu i previsible a partir dels paràmetres mesurats a l'ED, ja es va deixar de considerar.

A l'assignatura CiC solament es va dur a terme el mètode sistemàtic un parell de quadrimestres, els necessaris per establir l'assignatura, per tant la dedicació del professor va ser d'immersió pràcticament completa. Les notes de tall dels estudiants en accedir a la universitat representen un factor determinant a l'hora d'establir la dedicació dels docents. Com més baixes siguin, si es pretén assolir un rendiment elevat en els primers cursos els docents hi hauran de dedicar força més hores. Així mateix, s'ha comprovat que els estudiants de primer curs sense experiència universitària prèvia, requereixen molt més esforç mantingut per part del professor per assolir uns objectius de qualitat a prop del 80% (vegeu la secció 4.1.4) [183]. Aquest concepte queda més ben representat a la Fig. 140. En canvi, en assignatures de cursos superiors, en les quals els estudiants ja disposen d'un conjunt d'habilitats assolides i tenen més experiència i hàbits d'estudi, el nombre d'hores de dedicació del professor es redueix molt, és a dir, amb l'autonomia que van assolint ja no són necessaris el seguiment exhaustiu de l'estudiant ni la correcció minuciosa dels lliuraments perquè realitzin treballs de qualitat elevada, amb rendiments propers al 100%. Amb el desplegament de les nostres metodologies actives, força més estudiants ens sorprendran amb uns treballs de fi de carrera de gran qualitat, duts a terme autònomament a partir de les nostres directrius generals i amb un seguiment mínim.

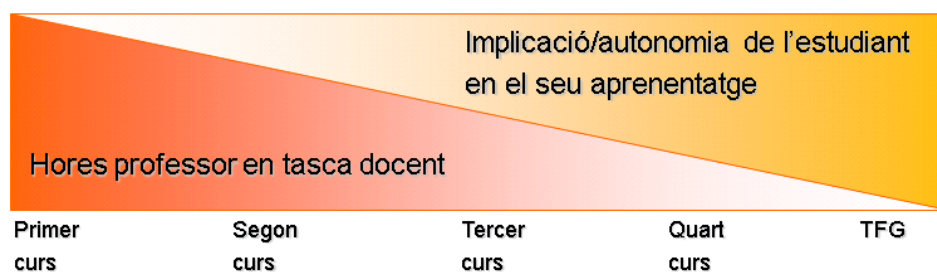


Fig. 140. Nivells d'implicació de l'estudiant i esforç docent del professor per assolir un nivell de qualitat en l'aprenentatge semblant cada any a mesura que avancen els cursos.

En les assignatures de cursos avançats, la dedicació del professor, s'esmerça en l'elaboració de materials i projectes més complexos, la renovació de temaris, l'ús de noves eines i programaris, etc. Es pot dir que l'hàbit de la dedicació a les hores de docència permet engegar projectes engrescadors que a la vegada augmenten el nivell general dels estudis.

Emprant les noves metodologies la tasca del professor esdevé significativament més difícil que quan s'ensenya a través del paradigma clàssic [184], perquè no pot esdevenir un bon agent facilitador de l'aprenentatge tret que tingui un bon coneixement de l'estructura cognitiva assolida a cada moment per cada estudiant. I assolir aquesta visió de fins on han arribat els alumnes en cadascun dels temes del curs representa temps i esforç. La dedicació dels professors que han d'impartir a més de les competències específiques tot un conjunt de competències genèriques, és més elevada i constant que la d'un professor que realitza docència tradicional. I no sols

perquè sigui necessari observar què fa cadascun dels estudiants, sinó perquè altres tasques consumeixen també força temps: la coordinació amb altres assignatures, la discussió sobre a quin nivell es despleguen les competències genèriques i com s'avaluen, la preparació de rúbriques de correcció i projectes i problemes engrescadors, etc. Aquest ha estat l'exemple de CSD.

Partint de la premissa que l'escola ha de pretendre assolir un rendiment elevat en els estudis que ofereix amb les màximes cotes de qualitat, la nostra experiència, en part reflectida també a la Fig. 140, ens permet assegurar que la docència en els primers dos cursos acadèmics del grau universitari requereix un conjunt de professors amb motivació explícita per a l'ensenyament i amb una definida orientació docent. L'objectiu és fer-se càrrec de la complexitat i el repte que representen ensenyar amb aquest nou paradigma del segle XXI. Tot plegat ens condueix a l'especialització del professorat en les tres gran àrees de recerca, docència i gestió com una de les solucions més factibles del problema de l'educació superior.

5 Conclusions

En aquest treball hem proposat, per adaptar els ensenyaments de l'àrea de tecnologia electrònica a l'EEES, desenvolupar un mètode sistemàtic d'instrucció activa centrat en l'estudiant on és possible l'aprenentatge integrat dels coneixements específics de la matèria i de les competències genèriques pròpies de l'enginyeria. En primer lloc, discutirem fins a quin punt s'accepten les hipòtesis de partida que, en conseqüència, validaran el nostre mètode i l'objectiu general de la tesi. En segon lloc reflexionarem sobre les idees, l'oportunitat i les aportacions finals a què condueix la recerca realitzada.

Sobre les hipòtesis de partida

La **primera hipòtesi** de partida era que l'aprenentatge actiu, tal com el proposem en aquest treball, permet a molts més estudiants assolir un nivell de coneixements acceptable, amb el consegüent augment del rendiment acadèmic.

Segons els resultats mostrats a la secció 4.1, l'anàlisi de les dades del conjunt d'assignatures sobre les quals s'han treballat experiències docents permet concloure que el sistema d'aprenentatge proposat millora substancialment no solament el nombre absolut d'aprovat, sinó també el nombre d'estudiants que obtenen millors qualificacions, en el sentit que cadascun escull d'alguna manera la nota objectiu que vol assolir perquè entén que està lligada al seu nivell d'implicació en els projectes i no pas de la sort d'haver-la encertada en realitzar alguns exàmens. Certament, entenem que tenim un indicador clar de millora de l'aprenentatge i d'assoliment significatiu dels continguts i competències. A través de l'eina del portafolis hom pot comprovar les evidències que ens permeten assegurar aquestes conclusions.

El nostre mètode, en programar les activitats dintre i fora de l'aula, tendeix a utilitzar tot el temps ECTS assignat, de forma que inevitablement hi haurà més rendiment. L'altre aspecte determinant és l'ús sistemàtic de l'avaluació formativa, la qual permet un *feedback* immediat, detectar molts dels problemes en el funcionament dels grups i un diàleg continuat amb els professors per aconseguir que realitzin els treballs amb la qualitat requerida. Els estudiants, segons les enquestes, accepten la metodologia, hi troben més avantatges que inconvenients, la majoria relacionats amb haver d'invertir en la matèria el temps d'estudi de forma continuada durant el curs.

De totes formes hem de dir que hi ha un problema amb els estudiants amb baixa preparació inicial o no prou motivats. En línies generals, els que tenen qualificacions d'accés entre el cinc i el set en l'escala de catorze no s'adapten correctament a la metodologia proposada en aquesta tesi. En resulta un treball per a un nou estudi: Com aconseguir que la metodologia sistemàtica proposada en aquesta tesi, o altres amb les variacions que siguin necessàries, sigui més efectiva per a aquesta franja d'estudiants?

La **segona hipòtesi** assegurava que el mètode sistemàtic d'aprenentatge actiu que proposem és més eficaç que l'ensenyament tradicional pel que fa a l'aprenentatge de coneixements específics i competències genèriques tal com es defineixen a l'EEES.

Per acceptar aquesta hipòtesi adjuntem les evidències recollides en els portafolis dels estudiants, dels quals hem explicat abastament les possibilitats per recollir materials que mostrin què i fins a quin punt han adquirit tant els coneixements com les diverses competències assignades a les matèries. Hem documentat habilitats de treball en grup, resolució de problemes, bones pràctiques d'expressió escrita i oral, elaboració de documentació de qualitat amb l'ajut de rúbriques, ús solent de recursos d'informació i aprenentatge de coneixements específics complementats amb gran varietat d'eines de disseny electrònic pròpies de l'àrea.

Pel que fa a l'ús de la llengua anglesa, simplement ens referirem als resultats satisfactoris presentats a la secció 4.5, els quals ens van permetre començar l'experiència i continuar-la fins a avui en dia. Tots els indicadors mostren que incentivar l'ús de l'anglès, especialment convertint-lo en la llengua vehicular de la matèria, és bàsic perquè els estudiants enforteixin els coneixements d'aquesta llengua i els posin en pràctica.

La **tercera hipòtesi** assegurava que el mètode sistemàtic d'aprenentatge actiu que proposem s'aplica perfectament a l'àmbit de les assignatures de tecnologia electrònica dels estudis de grau i que igualment serà de gran utilitat en altres àrees de coneixement d'estudis d'enginyeria.

Amb els exemples d'aplicació del mètode a les diverses assignatures descrites en el capítol 3 hem posat a prova el mètode sistemàtic amb èxit. La nostra web mostra evidències del conjunt de materials que hem generat amb la docència en aquesta àrea, materials fàcilment adaptables a altres contextos. Per exemple: com preparar objectius d'aprenentatge compatibles amb el marc EEES; com transformar els exercicis convencionals en activitats PBL que cal resoldre en grup cooperatiu; com desenvolupar rúbriques de qualitat per a la realització sistemàtica dels treballs; com preparar activitats perquè tota la classe col·labori al mateix temps en la resolució d'un projecte comú; com organitzar activitats d'avaluació i autoavaluació formativa; com organitzar un esquema d'avaluació sense exàmens finals clàssics o com obtenir dades dels estudiants i dels professors per mantenir i millorar la qualitat docent de cara al proper quadrimestre.

Hem observat que els estudiants guanyen en autonomia i milloren en rendiment i capacitat a mesura que progressen en els estudis de la nostra àrea. A les assignatures més avançades estan preparats i disposats a realitzar els projectes amb l'experiència i els procediments que han fet servir en assignatures anteriors amb menys intervenció del docent, com ha de ser.

La col·laboració en el context de l'ICE amb altres col·legues ens permet assegurar que el mètode pot ser vàlid en altres àmbits d'enginyeria. Aixoplugats per l'entorn del grup RIMA, hem difós abastament en jornades, cursos, seminaris, articles i publicacions les nostres experiències en assignatures de tecnologia electrònica durant anys. Altres companys han fet el mateix en les seves àrees, la qual cosa representa per sí mateixa un validació explícita dels nostres treballs. La crítica i revisió per part dels nostres companys han esdevingut factors clau a l'hora de cercar solucions i afinar els procediments. A més hem comprovat que hi ha grups d'interès semblants al nostre per tot l'Estat impulsant iniciatives similars.

En aquest sentit, la base teòrica en metodologies d'aprenentatge actives en ciències de l'educació i l'enorme quantitat d'experiències reeixides reportades en aquesta àrea del coneixement, ens permeten contextualitzar perfectament el treball realitzat en aquesta tesi amb el qual hem intentat contribuir en l'àmbit de l'enginyeria. Sorprenentment, l'enginyeria és una de les àrees que més innovació i desenvolupament tecnològic aporta a la societat des del món industrial, però en l'àmbit universitari es manté a un nivell força tradicional i amb grans inèrcies a canvis metodològics que li reportarien grans beneficis.

De totes formes, hem d'acceptar que el gruix dels professors universitaris continua reticent als canvis i a la innovació en metodologies docents. La nostra conclusió concorda perfectament amb els plantejaments de Rogers [55] pel que fa a les extraordinàries dificultats per difondre innovació, encara que estigui ben fonamentada.

La **quarta hipòtesi** afirma que el mètode d'aprenentatge actiu que proposem representa una càrrega docent assumible de forma permanent pels professors universitaris i que pot convertir-se en una eina que perduri en el temps per establir-se com una de les metodologies docents més vàlides per afrontar els reptes de l'ensenyament superior.

En primer lloc, amb les dades aportades a la secció 4.6 es demostra que és possible dur a terme la transformació de l'assignatura segons els paràmetres apuntats en aquest treball si es compta amb un professor coordinador que hi dediqui les seves hores estipulades en docència. Com s'ha explicat, després de l'arrencada inicial que requereix més dedicació, és possible continuar fent docència, recerca i transferència de resultats de la recerca de la forma habitual. Així mateix, els altres professors de la matèria no han de dedicar-hi més temps del previst a tasques docents. En segon lloc, el manteniment en el temps d'experiències com les nostres, en què bàsicament instal·lats en el mètode sistemàtic hem anat repetint fins a l'actualitat, adaptant-nos

fins i tot a canvis de plans d'estudi, és la demostració més clara que el sistema d'instrucció proposat es pot assumir perfectament.

Reflexions finals a la llum de la recerca d'aquesta tesi

En aquesta última secció de les conclusions escauen reflexions del doctorand a partir de la recerca realitzada en aquesta tesi que, modestament, permetrien millorar aspectes docents concrets que dificulten la introducció de la innovació docent de forma rutinària a la universitat.

Augment del rendiment acadèmic

La tesi no ha anat més enllà de la programació d'assignatures en el context d'un pla d'estudis d'enginyeria, però els resultats ens encoratgen a mirar més enllà. Els estudis en què cal més acció són els de grau, als quals s'incorporen els estudiants que accedeixen per primera vegada a la universitat. Concretament, els estudis on és necessari focalitzar tots els esforços urgentment són els que ofereixen massa places, els que admeten preinscripcions i matrícules d'estudiants amb notes d'accés inferiors al vuit en l'escala de catorze. És a dir, gran part de l'oferta de graus de les universitats catalanes. Generalment els alumnes amb notes entre el cinc i el vuit tenen mancances per a progressar favorablement com seria desitjable en l'entorn universitari.

Des del meu punt de vista, els professors han de reconèixer que és un problema per a la institució produir i mantenir al llarg del temps rendiments baixos o molt baixos en les matèries. Pot ser que hom estigui avesat al nombre de suspensos que tradicionalment s'accepta com a correcte –o fins i tot satisfactori– en estudis tecnològics, i cregui sincerament que no hi ha problema, que l'únic camí correcte és el tradicional i que el rendiment dels estudiants no és un paràmetre que calgui considerar fins al punt d'haver de replantejar-se la forma d'impartir docència. Tanmateix, els responsables de les institucions ens remarquen contínuament que hem de millorar el rendiment acadèmic i que sobretot hem de continuar permetent l'accés a la universitat als estudiants que aprovin la selectivitat. Consegüentment, tenim un problema que la metodologia tradicional no resol correctament. Als docents no ens queda cap altre remei que admetre que hem d'intentar enfocar la nostra feina des d'una altra perspectiva que ofereixi solucions vàlides. Aquesta tesi pretén ser una contribució en aquest sentit.

Poca rellevància de la vessant docent dels professors

Avui, més que mai, és força freqüent trobar-nos amb retalls de premsa⁷⁸ on es continua qüestionant, atenent als beneficis que ens reportaria, la poca rellevància

⁷⁸ Why is no one defending teaching at our universities?

(<http://www.telegraph.co.uk/education/educationopinion/9737565/Why-is-no-one-defending-teaching-at-our-universities.html>)

que es dóna a la vessant docent dels professors universitaris en front d'altres ocupacions que els pertoquen com la recerca o la transferència de tecnologia. Així mateix, es dubta de l'eficàcia de les solucions polítiques fàcils que s'han dut a terme per augmentar el rendiment acadèmic, com l'augment del preu de les matrícules⁷⁹ universitàries, en lloc d'abordar amb totes les conseqüències un canvi de paradigma docent com el que descrivim en aquest treball.

La recerca i la innovació en ensenyament superior no han passat de moda, no han estat simplement un producte amb data de caducitat resultat dels primers anys d'adaptació a l'EEES, sinó que continuen apareixent evidències sobre l'efectivitat dels mètodes d'ensenyament actius. Valgui l'exemple de l'editorial⁸⁰ de la revista *Nature*, d'on extraïem:

"But there is strong evidence that talking at students isn't nearly as effective as engaging them with cooperative, hands-on learning activities"

És a dir, tal com hem reflectit nosaltres en aquest treball, seguim amb la urgència de trobar alternatives al poc efectiu mètode basat a parlar als estudiants mentre els girem l'esquena perquè escrivim a la pissarra. El mateix editorial qüestiona també un aspecte dels més controvertits del sistema universitari actual el qual hem esmentat:

"But by showering so many rewards on research instead of on teaching, universities and funding agencies risk undermining the educational quality that is required for research to flourish in the long term"

Efectivament, és possible que amb aquest treball haguem arribat a una conclusió similar. Els plans estratègics universitaris han centrat des de fa anys l'èmfasi i gran part dels recursos disponibles en l'impuls de la recerca, de ben segur un objectiu encomiable, però malauradament s'ha deixat la docència com la ventafocs, com l'ocupació poc valoritzada que s'havia de fer sense prestar-hi gaires atencions. En tot cas, el rendiment de la docència és força baix. Potser sí que hi ha prou recursos per ensenyar a través del sistema tradicional: la capacitat de les aules i dels exàmens finals és molt elàstica i, si convé, acomodem un gran nombre d'estudiants de tota mena de procedències, cicles formatius, Erasmus, batxillerat, més grans de 25 anys, etc. Ara bé, si hem de centrar-nos en què apren veritablement cadascun dels nostres estudiants matriculats al mateix temps que els potenciem individualment a tots amb competències genèriques, els recursos disponibles són clarament insuficients.

⁷⁹ Why tuition fees haven't improved university teaching?

(<http://www.telegraph.co.uk/education/educationopinion/9767314/Why-tuition-fees-havent-improved-university-teaching.html>)

⁸⁰ Education ambivalence, *Nature*. 02/06/2010. Vol. 465, p. 525–526. Accessible a :

<http://www.nature.com/nature/journal/v465/n7298/full/465525b.html>

Orientació docent dels professors

Els professors assignats als primers cursos universitaris de grau han de ser vocacionals, han de tenir una reconeguda orientació docent, per dur a terme la tutorització del gruix d'estudiants i atendre'n la diversitat. El nivell d'implicació dels professors en aquests primers cursos per poder avaluar veritablement els estudiants ha de ser màxim i no s'han de distreure en altres tasques. El mètode que hem assajat és tan flexible que moltes vegades, si és possible pel nombre d'estudiants, s'entra fins i tot en una dinàmica d'avaluació i discussió oral dels projectes durant tot el quadrimestre a partir de les evidències que van generant. Es tracta, definitivament, d'una individualització de l'avaluació a través de la qual, en conèixer ben bé en poques setmanes el nivell assolit per l'estudiant, el professor el pot anar potenciant perquè arribi cada vegada a un grau superior de coneixement.

El nostre treball mostra la conveniència que les escoles de comptin amb professors especialistes en docència, entesos en les seves matèries i focalitzats a obtenir el millor dels seus estudiants, assumint que aquesta organització beneficiarà tothom a llarg termini. Aquests docents han de ser capaços d'establir mètodes sistemàtics per reflexionar sobre com funcionen els cursos i discutir quina és la forma més efectiva d'obtenir els millors resultats acadèmics d'un grup d'estudiants heterogeni que canvia cada curs; han d'estar disposats a coordinar-se horitzontalment i vertical per trobar sinergies amb altres matèries. En definitiva, han de considerar la seva feina com una ocupació artesanal que requereix la màxima atenció. És clar que ens referim a la docència universitària en els primers cursos de grau, la més necessitada d'accions de millora. I certament s'entra en contradicció amb la mobilitat a la qual s'orienta la universitat, que òbviament és beneficiosa per a la recerca, però no per a la docència del nivell descrit en aquest treball.

Nombre d'estudiants per aula per permetre la innovació

El nostre treball prova que les aules han de ser d'un màxim de 40 estudiants, si pot ser dividits en subgrups de classe de 20 per a problemes i pràctiques. Hem comprovat que altres distribucions compliquen enormement l'assoliment de l'excel·lència docent com l'hem entès nosaltres interpretant l'esperit de l'EEES. El nostre treball directe amb els estudiants ens ha convençut que no solament la capacitació professional en arribar a la indústria sinó que també la qualitat de la recerca que arribaran a dur a terme els nostres graduats, són molt qüestionables. És a dir, no posar la màxima atenció en la docència per centrar-la prioritàriament en la recerca repercuteix negativament a llarg termini en la pròpia recerca. Desenvolupar un aprenentatge centrat en l'estudiant als estudis de grau representa guanyar molt de temps en la formació de futurs enginyers i investigadors. Es tracta d'aconseguir que força més estudiants assoleixin ben aviat competències que fins ara han estat reservades als estudiants de màster o de tercer cicle.

Ocupació dels períodes no lectius amb activitats complementàries de millora

Amb la distribució actual de l'any acadèmic en dos quadrimestres tenim períodes de temps interquadrimestrals excessivament llargs i poc aprofitats. Les aules, laboratoris i espais d'estudi es buiden d'activitat. La realitat és que molts alumnes podrien aprofitar aquestes infraestructures i la presència dels professors als centres. Fàcilment ens podem imaginar com seria l'ocupació i l'ambient de l'escola en períodes no lectius, amb els estudiants intentant acabar de millorar els seus projectes per iniciativa pròpia, transformant-los en prototips experimentals amb l'ajuda de l'equipament dels laboratoris, continuant amb l'activitat de grup per acabar els exercicis que els han quedat a mig fer durant el curs o aprofundir en conceptes que amb les urgències del curs han après superficialment. En definitiva, promoure per als nostres estudiants un comportament com el que tenen els de treball de fi de grau, en resulta una proposta d'organitzar els períodes no lectius amb activitats i tutoria activa, semblant a com es fa habitualment per les matèries de matemàtiques i física amb el curs zero introductori a la universitat.

Proposta d'un departament multidisciplinari d'escola centrat en la docència

Actualment tot el professorat està assignat a departaments d'especialització i a l'hora de fer docència es mou entre assignatures de la seva àrea d'expertesa, de manera que en els primers cursos de grau trobem impartint docència professionals de diversos departaments que resulta complicat coordinar. Una proposta a considerar podria ser reorganitzar un departament amb diverses àrees de coneixement, potser fins i tot propi de cada escola, el qual tingués assignada la docència dels primers cursos de grau. Es tractaria d'una bona solució per combinar esforços. Potser seria el millor punt de partida per a la creació d'assignatures multidisciplinàries, autèntiques assignatures d'enginyeria en les quals es podria treballar efectivament per projectes.

Posar fill a l'agulla d'una proposta estratègica per reconvertir els primers cursos de grau, requeriria que alguns dels docents haguessin d'adquirir el compromís de deixar en *stand-by* l'activitat en recerca durant uns mesos per poder dedicar els esforços coordinadament cap a l'assoliment d'aquest nou paradigma. Raonablement, s'hauria d'exigir als professors que imparteixen classes en aquests primers cursos una formació inicial en docència, així com preveure per exemple que els professors a temps parcial es reservessin per a assignatures de cursos avançats a les quals podrien aportar la seva expertesa.

En aquest sentit, hem aclarit que canviar la manera de fer, centrar-se en l'aprenentatge de l'estudiant en lloc de fer-ho en a la pissarra com s'ha fet durant dècades no és un canvi senzill, sinó que comporta implicacions importants i de llarg abast a tots els nivells. El prioritari és que els professors es posin a experimentar en aquest nou context educatiu, cosa en què aquest treball ha pretès contribuir descrivint en detall el més substancial de la tasca que s'ha realitzat en algunes assignatures de l'àrea d'enginyeria electrònica. A més, la secció 1.2 del primer capítol, juntament amb la bibliografia subministrada, permet escurçar el temps perquè un professor no versat en aquesta temàtica (o un que s'hagi incorporat a la

Universitat recentment), pugui copsar les idees fonamentals que es troben rere les metodologies actives i l'aprenentatge de competències.

Assumpció de mètodes i procediments desenvolupats en els primers cursos per part de la resta d'assignatures

Coordinar assignatures de distintes àrees i de cursos diferents és complicat si adoptem les indicacions proposades en aquest treball. Les assignatures contenen coneixements específics exclusius i diferenciats, però en usar metodologia i procediments similars, podríem homologar els mecanismes d'avaluació per arribar a uns estàndards de qualitat establerts en conjunt. Aquests compromisos de qualitat esdevindran una característica pròpia de l'escola que beneficiarà sobretot l'estudiant perquè aquest aprendrà a treballar i estudiar d'una forma establerta, transversal a totes les matèries, com si s'hagués incorporat a una empresa en la qual ja hi ha un *know-how*, un saber fer, que s'aplica estrictament en totes les fases de fabricació de qualsevol producte. En tot cas, el model sistemàtic i de qualitat docent es pot anar millorant a través d'innovacions però no se substituirà per un altre model. L'experiència d'èxit de la majoria d'empreses no prové de canvis traumàtics o d'instal·lacions de paradigmes que no li són propis de forma desorganitzada, sinó del manteniment i millora constant del seu saber fer, de la seva marca.

A més, si en una escola hi ha professors orientats en docència en els primers cursos de grau que arriben a desenvolupar propostes innovadores per a les assignatures, classes PBL, tècniques de treball cooperatiu, etc., caldria que els professors de matèries més avançades centrats en recerca convencional dins de la seva àrea, adoptessin els mètodes i materials desenvolupats pels professors especialistes. Hi ha d'haver necessàriament una sintonització de mètodes i procediments. Com passa amb la recerca convencional, ningú comença de zero ni aïlladament, sinó que llegeix, aprèn i continua a partir dels millors treballs que ja hi ha publicats. La docència s'ha d'entendre des d'aquesta mateixa perspectiva professional i científica si és que realment tenim intenció d'avançar i col·locar l'estudiant de qualsevol de les nostres escoles en condicions avantatjoses. Realment es tracta de realitzar un canvi radical respecte de la forma actual de treballar, en la qual ni es discuteix ni es reflexiona suficientment entre professors, potser perquè aquesta activitat no està valorada com hauria de ser.

El relleuament del portafolis de competències de l'estudiant

El nou paradigma és la plataforma ideal per impulsar un conjunt de matèries que integrin correctament les competències genèriques en cada curs. Els estudiants no s'han d'esperar a cursar una assignatura específica sobre alguna competència genèrica, sinó que hem demostrat com la poden practicar en assignatures ordinàries, de forma que immediatament poden exportar-la a altres assignatures, al treball de fi de grau i, naturalment, endur-se-la per usar-la en la seva futura vida professional.

En tot cas, ens queda com a feina pendent, tot i que s'ha intentat, l'organització del desplegament integral de les competències genèriques abastant tots els estudis de

grau, per força implicant més assignatures, departaments i professors. Una tasca que podria anar lligada amb la reformulació del portafolis de competències com una assignatura optativa de l'últim quadrimestre que al mateix temps enllaçaria amb el tema de la tutoria acadèmica i la coordinació horitzontal i vertical. La nostra conclusió és que aquest aspecte s'ha d'abordar amb màxima prioritat perquè és un factor clau per millorar el rendiment acadèmic i la capacitació professional dels nostres futurs enginyers.

El model docent com a tret diferencial de l'escola

Estem d'acord que un centre com l'EETAC ha de disposar d'estudis exclusius per assegurar-ne la viabilitat, aconseguir-los ha estat l'objectiu prioritari de les direccions de l'escola des de l'última reorganització dels estudis de la Universitat. Ara bé, la potenciació definitiva del centre es pot assolir amb l'assumpció d'un model docent propi assentat en els principis de l'ensenyament actiu; hem demostrat que funciona i creiem que és una manera perfectament vàlida de crear-se una marca de qualitat en l'entorn universitari actual, tan competitiu.

Per això l'oportunitat d'aquesta tesi precisament en aquests moments en què les noves metodologies que es desprenen de l'EEES són qüestionades per alguns sectors. La tesi demostra l'existència de solucions vàlides basades en l'aplicació del paradigma de l'aprenentatge actiu centrat en l'estudiant. En el fons, es tracta de demostrar que existeix una forma d'organitzar i impartir els estudis que genera molt més rendiment que l'actual i en el qual tots els col·lectius implicats i la mateixa societat hi surten guanyant.

6 Referències

Les referències d'Internet han estat consultades a l'octubre de 2015.

- [1] Alcover, J., Ruiz, S., Valero, M., 2003. Evaluación de la implantación del aprendizaje basado en proyectos en la EPSC (2001-2003). *XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en Enseñanzas Técnicas*. EUPVG.
- [2] Bará Temes, J., 1998. La reforma académica en la EUPBL. *Jornades sobre la reforma acadèmica a la UPC*. Servei de Publicacions de la UPC.
- [3] Torrents, R., 2002. *Noves raons de la Universitat. Un assaig sobre l'espai universitari català*. Eumo editorial.
- [4] De Miguel Díaz, M. (coord.), 2006. *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: orientación para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior*. Alianza editorial.
- [5] Córdoba, J. F. et al., 2007. *Aproximació al disseny de titulacions basat en competències*. ICE UPC.
- [6] Bok, D., 2006. *Our Underachieving Colleges: A Candid Look at How Much Students Learn and Why They Should Be Learning More*. Princeton University Press.
- [7] Smith, P., 2004. *The Quiet Crisis. How Higher Education is failing America*. Anker Publishing.
- [8] Bain, K., 2004. *What the best college teachers do*. Harvard University Press.
- [9] Postman, N., 1996. *The End of Education: Redefining the Value of School*. Vintage.
- [10] Rué, J., 2007. *Enseñar en la Universidad: el EEES como reto para la educación superior*. Narcea.
- [11] Biggs, J., 2003. *Teaching for Quality Learning at University*. SRH and Open University Press. <http://www.engsc.ac.uk/er/theory/>.
- [12] Armbruster, B. B., 2008. Note-taking from lectures. *Handbook of College Reading and Study Strategy Research*. Routledge.
- [13] Duderstadt, J. J., 2008. Engineering for a Changing World. *The Millennium Project*. University of Michigan.
http://milproj.dc.umich.edu/publications/EngFlex_report/index.html.

- [14] Martí, E., Onrubia, J., 1997. Les teories de l'aprenentatge escolar. *Psicologia de la instrucció*. UOC.
- [15] Cowan, J., 2006. *On Becoming an Innovative University Teacher: Reflection in Action*. 2nd ed. SRHE and Open University Press.
- [16] Staker, H., Horn, M. B., 2012. *Classifying K-12 blended learning*. Innosight Institute.
- [17] Barnett, R., (ed.), 2008. *Para una transformación de la universidad. Nuevas relaciones entre investigación, saber y docencia*. Octaedro.
- [18] Prince, M. J., Felder, R. M., Brent, R., 2007. Does Faculty Research Improve Undergraduate Teaching? An analysis of Existing and Potential Synergies. *Journal of Engineering Education*. Vol. 96, p. 283–294.
[http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Teaching-Research\(JEE\).pdf](http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Teaching-Research(JEE).pdf).
- [19] Dewey, J., 1997. *Experience and Education*. Free Press.
- [20] Weimer, M., 2002. *Learner-Centred Teaching: Five Key Changes to Practice*. Jossey-Bass.
- [21] Illeris, K., 2004. *The Three Dimensions of Learning: Contemporary learning theory in the tension field between the cognitive, the emotional and the social*. Krieger Publishing Company.
- [22] Knowles, M. S., Holton III, E. F., Swanson, R. A., 2005. *The Adult Learner: The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development*. 6th ed. Elsevier.
- [23] Merriam, S. B., Caffarella, R. S., Baumgartner, L. M., 2007. *Learning in Adulthood. A comprehensive guide*. 3rd ed. Jossey-Bass.
- [24] Fink, L. D., 2003. *Creating Significant Learning Experiences: An Integrated Approach to Designing College Courses*. Higher and Adult Education Series, Jossey Bass.
- [25] Trilla, J. (coord.), 2001. *El legado pedagógico del siglo XX para la escuela del siglo XXI*. Graó editorial.
- [26] Grunert O'Brien, J., Millis, B. J., Cohen, M., W., 2008. *The course syllabus. A learning-centred approach*. 2nd ed. Jossey-Bass.
- [27] Brandes, D., Ginnis, P., 1991. *A Guide to Student-Centred Learning*. Simon & Chuster.
- [28] Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., Novak, J. D. (editors), 2004. *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press.
- [29] Prince, M. J., Felder, R. M., 2006. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Base. *Journal of Engineering Education*. April 2006, p. 123-138.
<http://euceet.files.wordpress.com/2007/08/princefelderjee06.pdf>.
- [30] Novak, J. D., Cañas, A. J., 2006. The theory underlying concept maps and how to construct them. *Technical Report IHMC CmapTools 2006-01*. Institute for Human and machine Cognition.
- [31] Sarramona, J., 1997, *Teories d'aprenentatge de base cognitivista*. UOC.
- [32] Kolb, A. Y., Kolb, D. A., 2008. Experiential Learning Theory: A Dynamic, Holistic Approach to Management Learning, Education and Development. *Handbook*

- of Management Learning, Education and Development*. London: Sage Publications.
- [33] Villa, A., Poblete, M. (coord.), 2007. *Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta de evaluación de las competencias genéricas*. Universidad de Deusto.
- [34] González, J., Wagenaar, R. (coord.) *Tuning educational structures in Europe. La contribución de las universidades al proceso de Bolonia*.
<http://www.unideusto.org/tuningeu/>.
- [35] *The Generic ICT skills profiles, futures skills for tomorrow's worlds*. Office for Official Publications of the European Communities, 2001. ISBN 92-896-0070-5.
- [36] *Curriculum Development Guidelines*. New ICT curricula for the 21st century: designing tomorrow's education. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg, 2001. ISBN 92-896-0074-8.
- [37] Felder, R. M., Brent, R., 2003. Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria. *Journal of Engineering Education*. January 2003, p. 7-25.
- [38] *Guies per desenvolupar competències genèriques*. ICE UPC.
https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions_ice/guies-per-desenvolupar-les-competencies-generiques-en-el-disseny-de-titulacions
- [39] Delgado, A. M., (coord.), 2006. *Evaluación de las competencias en el EEES. Una experiencia desde el derecho y la ciencia política*. J. M. Bosch
- [40] Acord núm. 90/2013 del Consell de Govern UPC. Normativa d'estudis de Grau per al curs 2013-2014.
- [41] Rué, J., 2009. *El aprendizaje autónomo en educación superior*. Narcea.
- [42] Santacana, T., El model pedagògic de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC): una visió des de l'aula. *Revista Coneixement i Societat*. 2005, núm. 10.
http://www10.gencat.net/dursi/generados/catala/departament/recurs/doc/cis10_santacana.pdf
- [43] Rodríguez, A., 2005. Gestió del coneixement i teoria constructivista de l'aprenentatge. Sinèrgies en entorns d'aprenentatge virtual. *Revista de biblioteconomia i documentació*. 2005, núm. 40, p. 109-125.
- [44] L'avaluació en el marc de l'EEES. *Monogràfics de l'ICE*. UPC, 2008.
http://www-ice.upc.edu/documents/eees/monografics/2_avaluacio.pdf
[consulta: 05/2013].
- [45] García-SanPedro, M. J., 2010. Modelo de Evaluación por Competencias en la Universidad, MECU. Proyecto: Ramos, C., *Análisis de la integración de la evaluación por competencias en las titulaciones de grado adaptadas al EEES*. Ref. EA2010-0199.
- [46] Villardón. L., 2006. *Evaluación del aprendizaje para promover el desarrollo de competencias*. Educatio siglo XXI. Vol. 24.
- [47] Beard, C., Wilson, J. P., 2006. *Experiential learning. A best practice handbook for educators and trainers*. Cogan page.
- [48] Norton, L. S., 2009. *Action Research in Teaching and learning. A practical guide to conducting pedagogical research in universities*. Routledge.

- [49] Carr, W., Kemmis, S., 1986. *Becoming Critical. Education, knowledge and action research*. Deakin University Press.
- [50] Bartolomé, M., 1997. *Metodologia qualitativa orientada cap al canvi i la presa de decisions*. Barcelona: UOC.
- [51] Arbós, A., Vidal, M. C., 1997. *Evolució, concepte i fonaments de la investigació educativa*. Barcelona: UOC.
- [52] *Projecte RIMA*. ICE UPC. <http://www.upc.edu/rima/>
- [53] Medeiros P., Horta, G., 2011. Action research can swing the balance in experimental software engineering. *Advances in Computers*. 2011. Vol. 83, p. 205-276. Elsevier.
- [54] Coats, M., 2005. Action Research. A guide for associate lecturers. *Centre for Outcomes-Based Education COBE*. Open University.
- [55] Rogers, E. M., 2005. *Diffusion of innovations*. 5th ed. New York: Free Press.
- [56] Pardo, X. C., et al., 2009. Teaching Digital Systems in the Context of the New European Higher Education Area: A Practical Experience, *IEEE Transactions on Education*. 2009. Vol. 52, núm. 4.
- [57] Martínez, F., Herrero, L. C., de Pablo, S., 2001. Project-Based learning and rubrics in the Teaching of Power Supplies and Photovoltaic Electricity. *IEEE Transactions on Education*. 2001. 54(1), p. 87-96.
- [58] Gagné, R. M., et al., 2005. *Principles of Instructional Design*. Thomson.
- [59] Dick, W., Carey, L., Carey, J. O., 2005. *The Systematic Design of Instruction*. 6th ed. Pearson.
- [60] Willis, J. W., 2009. *Constructivist Instructional Design (C-ID): Foundations, Models and Examples*. Information Age Publishing.
- [61] Sangrà, A., Guardia, L., Williams, P., Schrum, L., *Modelos de diseño instruccional. Fundamentos del diseño técnico-pedagógico en e-learning*. UOC. P06/M1103/01179.
- [62] Grunert, J., Millis, B. J., Cohen. M. W., 2008. *The course syllabus. A learning-centered approach*. Jossey-Bass.
- [63] Bloom, B. S. (ed.), et al., 1956. *Taxonomy of educational objectives. Handbook I: Cognitive domain*. New York: David McKay.
- [64] Gronlund, N. E., Brookhart, S. M., 2009. *Gronlund's writing instructional objectives*. Pearson.
- [65] Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. (eds.), 2001. *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman.
- [66] Navarro, J. J., Valero, M., Sánchez F., Tubella, J., 2000. Formulació de los objetivos de una asignatura en tres niveles jerárquicos. *VI Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática JENUI 2000*. Universidad de Alcalá, p. 457-462.
- [67] *Bloc bàsic de formació EEES: el canvi als ECTS, com comencem a adaptar la nostra docència. 25 h de treball dels participants – 1 ECTS*. Curs de formació ICE UPC, http://www.upc.edu/ice/lice-de-la-upc/memoria-ice/copy_of_memoria-2007/at_download/file.

- [68] Waller, K. V., Writing instructional objectives, CLS(NCA), NAACLS. *Board of Directors*. Article accessible a:
<http://www.naacls.org/PDFviewer.asp?mainUrl=/docs/announcement/writing-objectives.pdf>.
- [69] Smith, M. U., 1991. *Toward a unified theory of problem solving. Views from the content domains*. Lawrence Erlbaum LEA.
- [70] Pólya, G., 1945, 2004. *How to solve it. A new aspect of mathematical method*. Princeton University Press.
- [71] Duch, B. J., (ed.), 2001. *The power of Problem-Based Learning: a practical 'How To' for teaching undergraduate courses in any discipline*. Stylus Publishing.
- [72] Araújo, U. F. i Sastre, G. (coords.), 2008. *El aprendizaje basado en problemas. Una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad*. Gedisa.
- [73] Escribano, A., del Valle, A., (coords.), 2008. *El aprendizaje basado en problemas (ABP). Una propuesta metodológica en educación superior*. Narcea.
- [74] Barell, J., 1998. *El aprendizaje basado en problemas. Un enfoque investigativo*. Manantial.
- [75] *Project Based Learning Handbook. A guide to standards-focused project based learning for middle and high school teachers*. Buck Institute for Education. 2003. http://www.bie.org/store/item/pbl_handbook.
- [76] Johnson, D. W., Johnson, R. T., Smith, K. A., 2006. *Active learning: Cooperation in the College Classroom*. 8th ed. Interaction Book Company Edina.
<http://www.co-operation.org/>
- [77] Johnson, D. R., Johnson, R. T., 1999. *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning*. 5th Edition. Allyn & Bacon.
- [78] Barkley, E., Cross, K. P., Major, C. H., 2004. *Collaborative Learning Techniques: A Handbook for College Faculty*. Jossey-Bass.
- [79] Slavin, R. E., 1995. *Cooperative Learning: Theory, Research and Practice*". 2nd ed. Allyn and Bacon.
- [80] Gibbs, G., 1994. *Learning in teams, a student guide. Learning in teams, a tutor guide*. Oxford Centre for Staff Development. Oxford Brookes University.
http://www.brookes.ac.uk/services/ocsltd/books/learning_in_teams/index.html
- [81] *Formació del professorat universitari*. ICE <http://www.upc.edu/ice>. Grup d'interès en l'aprenentatge cooperatiu GIAC <http://giac.upc.es/>
- [82] Oakley, B., et al., 2004. Turning Student Groups into Effective Teams. Coping with Hitchhikers and Couch Potatoes on Teams. *Journal of Student Centered Learning*. 2004. New Forums Press.
- [83] Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., Novak, J. D., (ed.), 2004. *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press.
- [84] Brown, S., Glasner. A., (ed.), 1999. *Assessment Matters in Higher Education. Choosing and using diverse approaches*. Open University Press.
- [85] El portafoli de l'estudiantat. *Col·lecció Monogràfics*. ICE UPC. 2010.

- [86] Kirkpatrick, D.L. and J.D., 2006. *Evaluating Training Programs: The Four Levels*. 3rd ed. San Francisco: Berrett-Koehler Publ. Inc.
- [87] Del Canto, P., et al., 2010. La evaluación en el contexto del EEES. *RED Revista de Educación a Distancia*, Sección de docencia universitaria en la sociedad del Conocimiento. 2010, núm. 1. <http://www.um.es/ead/reddusc/1/>.
- [88] Stevens, D. D., Levi, A. J., 2005. *Introduction to Rubrics, An Assessment Tool to Save Grading Time, Convey Effective Feedback and Promote Student Learning*. Virginia: Stylus Publishing LLC.
- [89] Banta, T. W., (ed.), 2003. *Portfolio Assessment Uses, Cases, Scoring, and Impact*. Jossey-Bass.
- [90] Mabry L., 1999. *Portfolios Plus. A Critical Guide to Alternative Assessment*. Corwin Press.
- [91] Del Canto, P., et al., 2010. Evaluación entre compañeros: cómo lo hacemos en nuestros cursos de programación de ordenadores. *VI Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación CIDUI*. Barcelona.
- [92] Brill, J. M., Hodges, C. B., 2011. Investigating Peer Review as an Intentional Learning Strategy to Foster Collaborative Knowledge-Building in Students of Instructional Design. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*. 2011. Vol. 23, núm. 1.
- [93] Barrett, H. C., *White Paper Researching Electronic Portfolios and Learner Engagement*. <http://electronicportfolios.org>.
- [94] Barberà, E., Bautista, G., Espasa, A., Guasch, T., 2006. Portfolio electrónico: desarrollo de competencias profesionales en la red. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. Octubre 2006. Vol. 3, núm. 2. http://www.uoc.edu/rusc/3/2/dt/esp/barbera_bautista_espasa_guasch.pdf.
- [95] Zubizarreta, J., 2007. *The Learning Portfolio: Reflective Practice for Improving Student Learning*. Jossey-Bass.
- [96] Blanch, S., et al., *Carpetes d'aprenentatge a l'educació superior. Una oportunitat per repensar la docència*. IDES. UAB. <http://ddd.uab.cat/pub/colleccioIDES/eines5.pdf>
- [97] Comunicació eficaç oral i escrita. *Quaderns per treballar les competències genèriques a les assignatures*. ICE UPC. http://www.upc.edu/ice/innovacio-docent/publicacions_ice/quaderns-per-treballar-les-competencies-generiques-a-les-assignatures/191.pdf.
- [98] Satterthwaite, F., D'Orsi, G., 2002. *The Career Portfolio Workbook: Using the Newest Tool in Your Job-Hunting Arsenal to Impress Employers and Land a great Job!* McGraw-Hill.
- [99] Seldin, P., 2003. *The Teaching Portfolio: A Practical Guide to Improved Performance and Promotion/Tenure Decisions*. Jossey-Bass.
- [100] Wyatt III, R. L., Looper, S., 2004. *So You Have to Have a Portfolio: A Teacher's Guide to Preparation and Presentation*. 2nd ed. Corwin Press.
- [101] Cano, E., 2005. *El portafolios del profesorado universitario: un instrumento para la evaluación y para el desarrollo profesional*. Octaedro. ICE UB.
- [102] Experiències pilot d'adaptació dels estudis de la UPC a l'EEES. Llegiu per exemple: <http://www.upc.edu/ice/innovacio->

- [docent/publicacions_ice/arxiu/plans-pilot-dadaptacio-de-titulacions-a-leees-de-la-upc](#) i el recull de documents generats a l'EETAC que participava del projecte: <http://epsc.upc.es/projectes/adaptacioEEES/>.
- [103] Stefani, L., Mason, R., Pegler, C., 2007. *The Educational Potential of e-Portfolios: Supporting Personal Development and Reflective Learning*. Connecting With E-Learning Series, Routledge.
- [104] Johnson, R. S., Mims-Cox, J. S., Doyle-Nichols, A., 2006. *Developing Portfolios in Education: A Guide to Reflection, Inquiry, and Assessment*. Sage publications.
- [105] Jafari, A., Kaufman, C., (ed), 2006. *Handbook of Research on ePortfolios*. Idea Group Reference.
- [106] *Projecte de Qualitat a l'Aula*. 2004. EETAC UPC
http://epsc.upc.es/projectes/qualitat_aula/.
- [107] *El sistema de garantia interna de la qualitat d'una assignatura*. 2011. ICE UPC.
http://www.upc.edu/ice/innovacio-docent/publicacions_ice/arxiu/4_qualitat.pdf.
- [108] Jordana, J., Robert, F. J., 2010. *Cooperative work and continuous assessment in an Electronic Systems laboratory course in a Telecommunication degree*. Madrid: IEEE Educon Conference, p. 395-400.
- [109] Cambridge, B. L., 2001. *Electronic Portfolios: Emerging Practices in Student, Faculty, and Institutional Learning*. Stylus Publishing.
- [110] D'Ambrosio, J., 2003. *E-Teaching: Creating Web Sites and Student Web Portfolios Using Microsoft Powerpoint*. Linworth Publishing.
- [111] Kimball, M., 2002. *The Web Portfolio Guide: Creating Electronic Portfolios for the Web*. Longman.
- [112] Barrett, H. *Electronic Portfolios*. <http://electronicportfolios.com/>.
- [113] Ravet, S. *ePortfolio for the reflective 21st century practitioner*.
<https://www.upc.edu/rima/grups/gtpoe/recursos/jornada-19-12-1007/presentacio-serge-ravet-eifel/view>.
- [114] Heinrich, E. *ePortfolios in Engineering in Higher Education*.
<https://www.upc.edu/rima/grups/gtpoe/recursos/jornada-19-12-1007/presentacio-eva-heinrich-massey-university-new-zealand>.
- [115] Armengol, J., Hernández, J., Mora, J., Rubio, J., Robert, F. J., Valero, M., 2009. Experiencias sobre el uso del portafolio del estudiante en la UPC. Número monográfico sobre el portafolio. *Revista de docencia universitaria*. Año III. Número Monográfico III: Número especial dedicado a Portafolios electrónicos y educación superior en España. Junio 2009.
http://www.um.es/ead/Red_U/m3/.
- [116] Fransoy, M., Robert, F. J., Augé, M., Salán, M. N., 2012. Student Portfolio as a Learning Tool in UPC-BARCELONATECH Technical and Health Degrees. Good Practices in GTPoE-RIMA. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 46, p. 2025-2030.

- [117] Barrett, H. *Balancing the Two Faces of ePortfolios*.
<http://electronicportfolios.org/balance>. També la presentació:
<http://www.slideshare.net/eportfolios/spain-nov09>.
- [118] Web del projecte Mahara. <http://mahara.org>.
- [119] Associació d'Amics de la UPC. <http://www.upc.edu/webaaupc/>.
- [120] Carpeta de competències de l'EETAC.
http://epsc.upc.edu/projectes/carpeta_competencies.
- [121] Pundak, D., Herscovitz, O., 2005. Instructors' Attitudes toward Active Learning. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*. 2009. Vol 5.
- [122] Felder, R. M., Brent, R., 2005. Understanding Student Differences. *Journal of Engineering Education*. 2005. Vol. 94, p. 57-72.
- [123] Vicerectorat de docència i estudiantat. *Nou model d'enquestes sobre l'actuació docent i sobre les assignatures*. Acord núm. 54/2011 Consell de Govern UPC. <http://www.upc.edu/bupc/hemeroteca/2011/b129/31-03-11.pdf>
- [124] *Nou model d'enquestes sobre l'actuació docent i sobre les assignatures*. Acord núm. 54/2011 del Consell de Govern UPC, 2011.
- [125] Del Canto, et al., 2008. La mejora continuada en el EEES. V CIDIU. 2008.
http://epsc.upc.edu/projectes/usuarios/miguel.valero/materiales/docencia/articulos/mejora_continuada.pdf
- [126] El SEEQ de l'ICE. UPC.
http://digsys.upc.es/sed/ED/enquestes/questionari_SEEQ_ICE.pdf. El SEEQ modificat usat a les assignatures basades en l'aprenentatge cooperatiu:
http://digsys.upc.es/sed/ED/enquestes/Full_Questionari_SEEQ_adaptat_%20ED_AC_v1_englishx.pdf.
- [127] Robert, F. J., 2002. Aprenentatge Cooperatiu al Curs d'Electrònica Digital de l'EPSC. *VIII Jornades de Conferències d'Enginyeria Electrònica del Campus de Terrassa JCEE'02*.
- [128] Web portafolis docent de les assignatures de l'àrea de sistemes digitals.
<http://digsys.upc.es>.
- [129] Robert, F. J., 2009. Substitute your lectures by problem-based learning (PBL) sessions. *The Active learning Experience Conference ALE*. Barcelona.
- [130] Robert, F. J., Casanella, R., Fernández, I., 2004. Concepció i preparació d'un text per a l'ensenyament de l'assignatura Electrònica Digital de l'EPSC - UPC amb metodologia d'aprenentatge cooperatiu. *Col·loqui internacional GLAT* (Groupe de Linguistique Appliquée des Télécommunications). Barcelona.
- [131] Ballester, A., 2002. *El aprendizaje significativo en la práctica. Cómo hacer el aprendizaje significativo en el aula*. www.aprendizajesignificativo.es.
- [132] Robert, F. J., 2004. *Cooperative Learning in a Digital Electronics Course at EPSC-UPC*. Chapter 23, p. 249-258. Win Aung et al. (ed.) *INNOVATIONS 2004. World innovations in Engineering Education and Research*. INEER (International network for Engineering Education & Research). Begell House Publishing. 2004.

- [133] Robert, F. J., 2007. Una experiencia práctica de puesta en marcha de asignaturas en el contexto de aprendizaje centrado en el estudiante sugerido por el EEES. Asignaturas de sistemas digitales de la EPSC-UPC basadas en el aprendizaje cooperativo. González, N. (coord.) *Desarrollo y evaluación de competencias a través del portafolio del estudiante*. p. 185-242. Santander: Universidad de Cantabria.
- [134] Staker, H., Horn, M. B., 2012. *Classifying K-12 blended learning*. Innosight Institute. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED535180.pdf>
- [135] Badia, A., Barberà, E., Guasch, T., Espasa, A., 2001. Technology educational affordance: Bridging the gap between patterns of interaction and technology usage. *Digital Education Review*. 2001, núm. 19, p. 20-35. <http://revistes.ub.edu/index.php/der/article/view/11313/pdf>.
- [136] Aronson, E., *Jigsaw Classroom Basics*. <http://www.jigsaw.org>.
- [137] Fernández, I., Robert, F. J., Casanella, R., 2003. Valoració de l'experiència d'implementació de l'aprenentatge cooperatiu a l'ED de l'EPSC i pla d'evolució per al proper curs acadèmic. *III Jornada sobre Aprenentatge Cooperatiu*. 2003. Barcelona: GIAC-ICE- UPC. http://digsys.upc.es/ed/general/docs/Article_JAC-03_AC_Millores.pdf
- [138] Robert, F. J., Casanella, R., Martín, I., 2005. La web de Electrónica Digital: La herramienta básica para la mejora continua de la asignatura basada en el aprendizaje cooperativo. *V Jornada sobre Aprendizaje Cooperativo JAC-05*. Bilbao: ICE UD, GIAC UPC. 2005.
- [139] Dorado, C., 2010. *La web docent com a recurs didàctic a l'ensenyament superior*. Curs ICE UPC de formació del professorat. 2010. http://digsys.upc.es/ed/general/docs/formacio/2010_02_16_disseny_webs-fitxa.pdf
- [140] Bernstein, D., Nelson, A., Goodburn, A., Savory, P., 2006. *Making teaching and learning visible: course portfolios and the peer review of teaching*. Jossey-Bass.
- [141] Jordana, J., 2008. Evaluación continua aplicada a la asignatura de Componentes y Circuitos en su adecuación al EEES. Cuatrimestre de otoño de 2006. *VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAAE2008. Libro de resúmenes*. p. 66. Zaragoza.
- [142] Jordana, J., 2008. Metodologías docentes y rendimiento académico conseguido por los estudiantes en la asignatura Componentes y Circuitos durante los cuatrimestres de otoño y de primavera del curso 2006-07. *V Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación CIDUI 2008*. Lleida.
- [143] Web de Sistemes Electrònics Digitals amb el registre de tots els cursos: http://digsys.upc.es/sed/SED/index_SED.html
- [144] Organització del pla pilot de l'assignatura SED amb el mètode d'instrucció sistemàtic: http://digsys.upc.es/sed/SED/Guia_SED_pla_pilot_EEES.pdf
- [145] Jordana, J., Robert, F. J., 2010. Recursos docents per objectivar l'avaluació de les pràctiques de laboratori d'una assignatura d'electrònica de segon curs

- d'enginyeria. *VI Congrés Internacional de docència universitària i innovació CIDUI*. Barcelona.
- [146] Jordana, J. Robert, F. J., 2015. A course on digital electronics based on solving design-oriented exercises by means of a PBL strategy. Special Issue on Engineering Education: Beyond Technical Skills. *The International Journal of Engineering Education IJEE*. 2015. Vol 31, núm. 1(B), p. 238-247.
- [147] Robert, F.J., Jordana, J., 2009. Implementación del portfolio del estudiante en la nueva asignatura troncal de grado Electrónica I. *Jornadas de la RED E-Portfolio 2009*. Santiago de Compostela. Facultad de Ciencias de la Educación.
- [148] Rodríguez, S., (coord.), 2005. *Manual de tutoria universitària. Recursos per a l'acció*. Ediciones Octaedro. ICE UB. 2005.
- [149] Robert, F. J., Ruiz, S., Valero, M., 2004. *El nuevo plan de acción tutorial de la EPSC*. 12CUIET. *XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*. Barcelona. 2004.
- [150] Valero, M., Rubio, J., Robert, F. J., 2007. Introducing the student competency portfolio in the EPSC. *E-Portfolio Conference*. Maastricht. 2007.
- [151] García San Pedro, M. J., 2010. *Diseño y validación de un modelo de evaluación por competencias en la universidad*. Tesis doctoral. UAB.
- [152] Anguas, J. et al., 2006. Una experiencia de adaptación al EEES de dos asignaturas de programación de ordenadores. *4rt. Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació CIDUI*. 2006, p. 1-18.
http://www.xtec.cat/aulatec/Experiencia_EEES.pdf
- [153] Robert, F. J., 2002. *Aprenentatge cooperatiu al curs d'electrònica digital de l'EETAC*. http://digsys.upc.es/ed/general/docs/Article_AC_JCEE-02_16_12.pdf.
- [154] Sunstein, C., 2006. *How Many Minds Produce Knowledge*. Oxford University Press.
- [155] Jordana, J., Robert, F. J., 2013. Considerations about the relationship between the time dedicated by the students and the academic performance in a course on digital electronics. *International Technology, Education and Development Conference*. València. 2013.
- [156] Plantilla del portafolis electrònic, on hi ha també ell full de càlcul per introduir les dades de dedicació: <http://sites.google.com/site/eportfoliogx>
- [157] Robert, F. J., Casanella, R., Fernández, I., 2004. Estimación de la carga de trabajo del estudiante y el profesor de la asignatura Electrónica Digital (EPSC UPC) basada en el aprendizaje cooperativo. *Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAAE'04*. València. 2004.
- [158] Robert, F., J., Casanella, R., 2004. Situació actual i enquestes dels estudiants de l'assignatura ED de l'EPSC basada en l'AC. *IV Jornada sobre Aprenentatge Cooperatiu JAC-04*, GIAC. ICE UPC. Girona. 2004.
- [159] Alcañiz, M., Planas, D., 2011. *Disseny d'enquestes per a la investigació social*. UB. <http://hdl.handle.net/2445/18302>.
- [160] Coffey, M., Gibbs, G., The Evaluation of the Student Evaluation of Educational Quality Questionnaire (SEEQ) in UK Higher Education. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 2001. 26:1, 89-93. Routledge.
<http://dx.doi.org/10.1080/02602930020022318>

- [161] Ramsden, P., A performance indicator of teaching quality in higher education: The Course Experience Questionnaire (CEQ). *Studies in Higher Education*. 1991. 16:2, p. 129-150. Routledge.
<http://dx.doi.org/10.1080/03075079112331382944>
- [162] Resultats de les enquestes SEEQ per a l'assignatura ED del quadrimestre 04-05 Q1. http://digsys.upc.es/ed/general/docs/04-05_Q2_Primer_reunio_EEES_Pilot_Presentacio_resultats_ED.pdf
- [163] Kember, D., Wong, A., 2000. Implications for evaluation from a study of students' perceptions of good and poor teaching. *Kluwer, Higher Education*. 2000. 40: 69-97.
- [164] Presentació de resultats de la prova pilot de CiC.
http://digsys.upc.es/sed/CiC/CiC_1AT3/info/2008_07_25_Prova_Pilot_CiC_print.pdf
- [165] Lloc de l'experiència d'adaptació a l'EEES duta a terme a l'EPSC.
<http://epsc.upc.es/projectes/adaptacioEEES/>
- [166] Enquesta de satisfacció SEEQ. ICE UPC.
https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/eines_i_recursos/eines-upc/enquesta-de-satisfaccio-seeq.
- [167] Document sobre la competència genèrica *Tercera llengua*. ICE UPC.
http://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions_ice/guies-per-desenvolupar-les-competencies-generiques-en-el-disseny-de-titulacions/tercera-llengua
- [168] Competència genèrica C3: tercera llengua en els estudis de l'EETAC.
<http://epsc.upc.edu/ca/?q=node/607>
- [169] Pàgina de recursos per a l'aprenentatge integrat de continguts i tercera llengua. <http://clileducation.blogspot.com.es/p/clil-compendium.html>
- [170] *Llenguatges*. Comissió europea. CLIL.
http://ec.europa.eu/languages/language-teaching/content-and-language-integrated-learning_en.htm.
- [171] Deller, S., Price, C., 2007. *Teaching Other Subjects Through English*. Oxford University Press.
- [172] Ruiz de Zarobe, Y., Jiménez Catalan, R., (ed.), 2009. *Content and Language Integrated Learning. Evidence from research in Europe*. Bristol: Multilingual Matters.
- [173] Dalton-Puffer, C., Smit, U., (ed), 2007. *Empirical Perspectives on CLIL Classroom Discourse. Sprache Im Kontext*. Peter Lang GmbH.
- [174] Kasper, L. F. et al., 2008. *Content-Based College ESL Instruction*. Routledge.
- [175] Coyle, D., Hood, P., Marsh, D., 2010. *Content And Language Integrated Learning*. Cambridge University Press.
- [176] Mehisto, P., Marsh, D., Frigols, M. J., 2008. *Uncovering CLIL: Content and Language Integrated Learning in Bilingual and Multilingual Education*. Macmillan Education.
- [177] Robert, F. J., Jordana, J., 2010. Aprenentatge integrat de continguts i d'anglès en assignatures de sistemes digitals d'Enginyeria de Telecomunicació. VI

- Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació CIDUI*. Barcelona. 2010.
- [178] SLT UPC: Servei de Llengües i Terminologia de la UPC.
<http://www.upc.edu/slt/>
- [179] Comissió acadèmica de l'EETAC. Document de guia docent de CSD.
http://digsys.upc.es/ed/CSD/units/CSD_acord.pdf
- [180] Sistema de qualitat de l'EETAC. Accessible a:
<http://epsc.upc.edu/ca/?q=node/369>
- [181] Academic Communication Resources, SLT, UPC.
<http://www.upc.edu/slt/academic-communication-resources>.
- [182] *Pla de llengües de la UPC*, Acord 12/2010 del CG, en català i anglès a:
<http://www.upc.edu/slt/pla-llengues-upc>.
- [183] Jordana, J., Robert, F. J., 2013. Considerations about the relationship between the time dedicated by the students and the academic performance in a course on digital electronics. *International Technology, Education and Development Conference INTED*. 2013.
- [184] Ben-Ari, M., 2001. Constructivism in computer science education. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. 2001. Vol. 20.

Projectes d'innovació docent que han contribuït en la realització d'aquesta tesi:

- [185] "L'aprenentatge cooperatiu com a eina de millora de la qualitat docent", direcció: Domingo, J., UPC, 2002.
- [186] "Implantació del sistema de crèdits europeu ECTS en 7 assignatures de l'EPSC", direcció: Tarrés, F., UPC, 2003.
- [187] "Programari per l'avaluació no presencial d'estudiants mitjançant Internet", direcció: Domingo, J., UPC, 2004.
- [188] "Grup d'interès en l'aprenentatge autònom", direcció: Armengol, J., UPC, 2008.
- [189] "Red temática estatal "Portfolios Electrónicos: e-portafolio", MEC, coordinació: Barberà, E., UOC, 2006.
- [190] Grup de treball en el portafolis de l'estudiant (GPoE)", direcció: Robert, F. J., 2007, UPC.
- [191] "Evaluación por competencias en la educación superior: posibilidades y dificultades", MEC, coordinació: Gairín, J., García San Pedro, M. J., UAB, 2008.
- [192] "Actualització i reformatació de la web de les assignatures de sistemes digitals de l'EPSC", direcció: Robert, F. J., UPC, 2008.
- [193] "Consolidació i ampliació de la web de les assignatures de sistemes digitals de l'EPSC per oferir suport a la docència en anglès", direcció: Robert, F. J., Jordana, J., UPC, 2009.